

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до практичних занять
з курсу

ЕЛЕКТРИЧНІ АПАРАТИ

*(для студентів 3,4 курсів денної і заочної форм навчання
за напрямом підготовки 6.050701 – Електротехніка та електротехнології,
а також для слухачів другої вищої освіти
за спеціальністю «Електротехнічні системи електроспоживання»)*

Харків
ХНУМГ ім. О. М. Бекетова
2016

Методичні вказівки до практичних занять з курсу «Електричні апарати» (для студентів 3,4 курсів денної і заочної форм навчання за напрямом підготовки 6.050701 – Електротехніка та електротехнології, а також для слухачів другої вищої освіти за спеціальністю «Електротехнічні системи електроспоживання») / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова; уклад.: С. В. Швець, Д. В. Рум'янцев. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2016. – 69 с.

Укладачі: канд. тех. наук **С. В. Швець,**
Д. В. Рум'янцев

Рецензент: **В. М. Гаряжа**, доцент Харківського національного університету міського господарства імені О. М. Бекетова

Рекомендовано кафедрою систем електропостачання та електроспоживання міст, протокол засідання № 10 від «14» квітня 2016 р.

ЗМІСТ

	Стор.
ВСТУП.....	4
ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 1. ЗАГАЛЬНІ ПИТАННЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕЧНИХ УМОВ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ.....	5
ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 2. ОСНОВНІ ВІДОМОСТІ ПРО ПЗВ.....	13
ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 3. ЗАСТОСУВАННЯ ПЗВ В ЕЛЕКТРОУСТАНОВКАХ.....	22
ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 4. ОСНОВНІ ВІДОМОСТІ ПРО МАСЛЯНІ ВИМИКАЧІ.....	34
ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 5. КОНТРОЛЬ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ МАСЛЯНИХ ВИМИКАЧІВ.....	38
ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 6. МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ВИПРОБУВАНЬ МАСЛЯНИХ ВИМИКАЧІВ.....	58
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	68

ВСТУП

Методичні вказівки до практичних занять з навчальної дисципліни «Електричні апарати» призначені для студентів 3, 4 курсу денної форми та 4 курсу заочної форми навчання, а також для слухачів другої вищої освіти за напрямом підготовки 6.050701 – Електротехніка та електротехнології, спеціальність 7.05070103 – Електротехнічні системи електроспоживання.

У курсі «Електричні апарати» вивчаються основи теорії електричних апаратів високої та низької напруги, контактних і безконтактних елементів автоматики, що обслуговують електроустановки по виробництву, перетворенню, розподілу та споживанню електричної енергії. Аналізуються конструкції сучасних розподільчих пристроїв. Вивчаються методи вибору низьковольтних електричних апаратів при проектуванні електричних мереж.

У методичних вказівках надані загальні теоретичні положення, принципи побудови та вказівки щодо технічного обслуговування електричних апаратів, перелік питань до кожного практичного заняття.

Докладний список літератури, наведений у методичних вказівках, дозволить студентам поглиблювати і розширювати здобуті знання, плідно використовувати час, призначений для самостійної роботи.

Методичні вказівки ухвалено:

Кафедрою систем електропостачання та електроспоживання міст.
(протокол № 10 від 14 квітня 2016 р.).

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 1

ЗАГАЛЬНІ ПИТАННЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕЧНИХ УМОВ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ

1.1 ВПЛИВ ЕЛЕКТРИЧНОГО СТРУМУ НА ОРГАНІЗМ ЛЮДИНИ

З початку промислового застосування електроенергії науковці всього світу вивчали дію електричного струму на людину і наслідки цієї дії. Результати експериментальних досліджень, а також досвід експлуатації електроустановок дозволили встановити основну причину летального результату при дії на людину електричного струму. Цією причиною є фібриляція (безладне скорочення м'язів) серця, що може виникати навіть при незначних величинах струму.

Електричний опір тіла людини залежить від багатьох факторів, серед яких основними є розмір поверхні контакту, шлях протікання струму, вологість шкіри, індивідуальні особливості людини і т. п.

Установлено, що у людини опір шкіри у вологому стані знаходиться в межах 10–20 Ом, а опір внутрішніх органів не перевищує 500–600 Ом. При визначенні умов електробезпеки в електроустановці, за розрахунковий опір тіла людини рекомендується приймати значення 800–1000 Ом.

Результат впливу електричного струму на організм людини залежить не тільки від значення струму, але і від тривалості його протікання, шляху струму через тіло людини, а також, деякою мірою, від частоти струму, форми кривої, коефіцієнта пульсацій і інших факторів.

Для розрахункової оцінки небезпеки ураження струмом, в електроустановці рекомендується використовувати як критерій небезпеки струм через тіло людини. У ГОСТ 12.1.038–82 «Електробезпека. Гранично припустимі рівні напруг дотику і струмів» наведені гранично припустимі значення змінного струму частотою 50 Гц через тіло людини у виробничих і побутових електроустановках у залежності від часу впливу (табл. 1.1).

Таблиця 1.1 – Гранично припустимі значення струму через тіло людини

Побутові електроустановки												
t, с	0,01–0,08	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	Більше 1,0
I, мА	220	200	100	70	55	50	40	35	30	27	25	2
Виробничі електроустановки, змінний струм 50 Гц												
t, с	0,01–0,08	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	Більше 1,0
I, мА	650	400	190	160	140	125	105	90	75	65	50	6
Випрямлений однонапівперіодний струм (амплітудне значення)												
I, мА	650	500	400	300	250	200	190	180	170	160	150	–
Випрямлений двонапівперіодний струм (амплітудне значення)												
I, мА	650	500	400	300	270	230	220	210	200	190	180	–

Наведені дані свідчать про те, що існуючі автоматичні вимикачі і запобіжники не можуть здійснити надійний захист від ураження електричним струмом.

1.2 ВИМОГИ НОРМАТИВНИХ ДОКУМЕНТІВ З ПИТАНЬ ЕЛЕКТРОБЕЗПЕКИ

Основні вимоги до забезпечення безпечних умов експлуатації електрообладнання в різних приміщеннях сформульовані в комплексі стандартів на електроустановки будинків. Цей комплекс містить вимоги до проектування, монтажу, наладки й випробування електроустановок, а також на вибір електроустаткування, котре забезпечує безпечну його роботу.

Розглянемо визначення основних термінів, що використовуються у даних стандартах.

Під електроустаткуванням слід розуміти будь-яке устаткування, призначене для виробництва, перетворення, та розподілу і споживання електроенергії.

Будь-яке поєднання взаємозалежного електроустаткування в межах даного приміщення чи простору називається *електроустановкою*.

Сукупність електроустаткування, з'єднаного проводами і кабелями, через яке може протікати електричний струм, складає *електричне коло*.

Струмовідна частина – провідник або провідна частина, що перебуває в процесі її нормальної роботи під напругою, включаючи нейтральний провідник, але не PEN-провідник.

Для захисту від прямого дотику стандарт рекомендує здійснювати технічні заходи чи використовувати електрозахисні засоби або їх сукупність, що дозволять запобігти дотику до струмовідних частин, які знаходяться під напругою, чи наближенню до них на відстань меншу безпечної. Під *прямим дотиком* розуміють електричний контакт людей або тварин зі струмовідними частинами, що перебувають під напругою, або наближення до них на небезпечну відстань.

Для запобігання ураженню електричним струмом у нормальному режимі слід застосовувати окремо або в поєднанні такі заходи захисту від прямого дотику:

- основна ізоляція струмовідних частин;
- огорожі та оболонки;
- бар'єри;
- розміщення поза зоною досяжності.

Захист від прямого дотику не вимагається, якщо номінальна напруга не перевищує:

- 25 В змінного або 60 В постійного струму в разі застосування системи БННН, якщо електрообладнання експлуатується в сухих приміщеннях;
- 25 В змінного або 60 В постійного струму в разі застосування системи ЗННН, якщо електрообладнання перебуває в зоні дії системи зрівнювання потенціалів і експлуатується тільки в сухих приміщеннях, а ймовірність контакту людини з частинами, які перебувають під напругою, незначна;
- 6 В змінного або 15 В постійного струму в усіх інших випадках.

Для захисту використовуються спеціальні системи напруг:

- *наднизька (мала) напруга* – коли напруга між будь-якими провідниками або будь-яким провідником і землею не перевищує 50 В для змінного струму і 120 В для постійного;
- *система БННН* (англ. еквівалент «*SELV system*») – система безпечної наднизької напруги, в якій струмовідні частини системи БННН електрично відділено від усіх інших кіл вищої напруги за допомогою захисного електричного поділу кіл.
- *система ЗННН* (англ. еквівалент «*PELV system*») – система захисної наднизької напруги, це система БННН у разі заземлення її кола.
- *система ФННН* (англ. еквівалент «*FELV system*») – система функціональної наднизької напруги, де за умовами експлуатації для живлення електроприймачів використовують наднизьку напругу і при цьому вимоги, що стосуються систем БННН і ЗННН, не можуть бути виконані або в їх застосуванні немає потреби, а для захисту від ураження електричним струмом у колі наднизької напруги використовують додаткові заходи захисту, такі як огорожі або ізоляція, котра відповідає ізоляції первинного кола, та автоматичне вимикання живлення.

Для додаткового захисту від ураження електричним струмом у разі прямого дотику в електроустановках напругою до 1 кВ можливе застосування пристроїв захисного відключення (ПЗВ).

Під *непрямим дотиком* слід розуміти електричний контакт людей або тварин із відкритою провідною частиною, яка опинилася під напругою внаслідок пошкодження ізоляції. Під захистом від непрямого дотику мається на увазі захист, що виключає небезпеку зіткнення з відкритими провідними частинами чи сторонніми провідними частинами, що можуть виявитися під напругою у випадку одиничного пошкодження.

Стандарт рекомендує розрізняти наступні види струмів, що можуть протікати через електроустаткування:

- *припустимий тривалий струм* – струм, що може довгостроково протікати по провіднику, причому стала температура провідника не повинна перевищувати задане значення за певних умов;
- *струм ушкодження* – струм, що з'являється в результаті ушкодження чи перекриття ізоляції;
- *струм замикання на землю* – струм, що проходить у землю через місце замикання;
- *вражаючий струм* – струм, який проходить через тіло людини і характеристики якого можуть викликати патофізіологічні впливи, або викликати травму;
- *струм витоку* – струм, що протікає в землю чи на сторонні провідні частини в електрично неушкодженному колі;
- *струм витоку в мережі з ізолюваною нейтраллю* – струм, який протікає між фазою і землею в мережі з ізолюваною нейтраллю;
- *струм витоку в мережі з заземленою нейтраллю* – струм, що протікає по ділянці електричного кола, з'єднаного паралельно з нульовим

робочим провідником, а при відсутності нульового робочого провідника – струм нульової послідовності;

- *струм ушкодження* – струм, що з'являється в результаті ушкодження чи перекриття ізоляції;

- *надструм* – струм, значення якого перевищує найбільше робоче (розрахункове) значення струму електричного кола.

- *струм перевантаження* – надструм в електричному колі електроустановки при відсутності електричних ушкоджень.

Провідні частини, за винятком струмовідних провідників, і будь-які інші частини електроустановок, по яких може протікати струм ушкодження, повинні бути розраховані на протікання цього струму, що не супроводжується появою високої температури.

Характеристики захисного устаткування повинні визначатися виходячи з його функцій: надструму, викликаного коротким замиканням; струму замикання на землю; перенапруги; зниженої напруги чи відсутності напруги.

1.3 КЛАСИФІКАЦІЯ ПРИМІЩЕНЬ ЗА СТУПЕНЕМ НЕБЕЗПЕКИ УРАЖЕННЯ ЕЛЕКТРИЧНИМ СТРУМОМ

Відповідно до Правил будови електроустановок (ПБЕ) приміщення за ступенем небезпеки ураження електричним струмом розділяються на такі класи:

1. *Приміщення без підвищеної небезпеки*, у яких немає умов, що створюють підвищену чи особливу небезпеку.

2. *Приміщення з підвищеною небезпекою*, які характеризуються наявністю в них однієї з наступних умов, що створюють підвищену небезпеку:

- вологості (вологість більше 75 %) чи струмопровідного пилу;
- струмопровідних підлог (металеві, земляні, залізобетонні, цегельні і т. п.);
- високої температури (вище 35°C);
- можливості одночасного дотику людини до металоконструкцій будинків, технологічних апаратів, механізмів і т. п., які мають з'єднання з землею з одного боку, і до металевих корпусів електроустаткування – з іншого.

3. *Особливо небезпечні приміщення*, що характеризуються наявністю однієї з наступних умов, котрі створюють особливу небезпеку:

- особливої вологості;
- хімічно активного чи органічного середовища;
- одночасно двох чи більше умов підвищеної небезпеки.

4. *Територія відкритих розподільних установок* прирівнюється до особливо небезпечних приміщень.

Граничні значення напруг, при перевищенні яких необхідне використання захисту від непрямого дотику, залежать від категорії приміщення і приведені в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Граничні значення напруг для приміщень різної категорії

Категорія приміщення	Гранична величина напруги
Без підвищеної небезпеки	≥ 380 В змінної напруги ≥ 440 В постійної напруги
З підвищеною небезпекою, особливо небезпечні, зовнішні електроустановки	> 42 В змінної напруги

1.4 КЛАСИФІКАЦІЯ ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНОГО УСТАТКУВАННЯ ЗА СПОСОБОМ ЗАХИСТУ ВІД УРАЖЕННЯ ЕЛЕКТРИЧНИМ СТРУМОМ

На разі діє ДСТ Р МЭК 536 «Класифікація електротехнічного й електронного устаткування за засобами захисту від ураження електричним струмом» Вимоги стандарту поширюються на електроустаткування, що підключається до зовнішнього джерела живлення, яке має напругу до 440 В між фазними провідниками (напруга між фазним провідником і землею має не перевищувати 250В), і використовується в побуті, в організаціях, у медичних установах, у майстернях, в школах, на фермах і в інших місцях. Стандартом допускається застосування класифікації для електроустаткування, що працює і на більш високій напрузі (до 1000 В).

Класифікація не поширюється на незахищене електроустаткування, що не має необхідного захисту від зіткнення зі струмоведучими частинами. Представлений в даному стандарті розподіл електроустаткування на чотири класи не встановлює рівень електробезпеки, який забезпечується електроустаткуванням. Класифікація лише вказує на те, яким засобом здійснюється захист від ураження електричним струмом при використанні електроустаткування в різних електроустановках.

Під електроустаткуванням *класу 0* розуміють електроустаткування, в якому захист від ураження електричним струмом забезпечується тільки основною ізоляцією струмовідних частин. Відкриті провідні частини електроустаткування не з'єднуються з захисними провідниками стаціонарних електропроводок (не використовується захисне заземлення відкритих провідних частин). При ушкодженні основної ізоляції захист від ураження електричним струмом повинен забезпечуватися навколишнім середовищем (повітря, ізоляція підлоги і т.п.).

До електроустаткування *класу I* належить таке електроустаткування, у якому захист від ураження електричним струмом забезпечується основною ізоляцією струмовідних частин і з'єднанням відкритих провідних частин електроустаткування з захисними провідниками стаціонарних електропроводок (використовується захисне заземлення відкритих провідних частин). При ушкодженні основної ізоляції якої-небудь струмовідної частини і її замиканні на відкриту провідну частину повинен спрацювати відповідний захист.


Електроустаткуванням *класу II* називається електроустаткування, у якому захист від ураження електричним струмом забезпечується застосуванням подвійної чи посиленої ізоляції струмовідних частин. Доступні дотику провідні

частини електроустаткування класу II, якщо такі є, не приєднуються до захисних провідників стаціонарних електропроводок (не застосовується захисне заземлення відкритих провідних частин). Захисні властивості навколишнього середовища також не використовуються як захід електробезпеки.

Електроустаткування класу III – електроустаткування, у якому захист від ураження електричним струмом заснований на живленні від джерела безпечної наднизької напруги й у якому не виникають напруги вище безпечної наднизької напруги (більше 50 В змінного струму і 120 В постійного струму).

Згідно ПБЕ (п. 1.7.87, табл. 1.7.3) при виконанні заходів захисту в електроустановках до 1 кВ класи обладнання, що застосовується за способом захисту людини від ураження електричним струмом, слід приймати згідно з таблицею 1.3.

Таблиця 1.3 – Класи обладнання за способом захисту та умови застосування

Клас по ДСТ	Маркування	Призначення захисту	Умови застосування обладнання в електроустановці
Клас 0	–	При непрямому дотику	1. Застосування в непровідних приміщеннях. 2. Живлення від вторинної обмотки розділового трансформатора тільки одного приймача
Клас I	Захисний затиск – знак  чи літери PE, або жовто-зелені смуги	При непрямому дотику	Приєднання затиску заземлення електрообладнання до захисного провідника електроустановки
Клас II	Знак 	При непрямому дотику	Незалежно від заходів захисту, які прийняті в електроустановці
Клас III	Знак 	Від прямого і непрямого дотику	Живлення від безпечного розділового трансформатора

Вищезгаданий стандарт містить також визначення основних термінів, які використовуються у класифікації електроустаткування:

- *основна ізоляція* – ізоляція струмовідних частин, призначена для забезпечення основного захисту від ураження електричним струмом;
- *додаткова ізоляція* – самостійна ізоляція, передбачена як додаткова до основної ізоляції і призначена для забезпечення захисту від ураження електричним струмом у випадку ушкодження основної ізоляції;

- *подвійна ізоляція* – ізоляція, що включає одночасно основну і додаткову ізоляції;
- *посилена ізоляція* – єдина система ізоляції струмовідних частин, що забезпечує такий же ступінь захисту від ураження електричним струмом, як і подвійна ізоляція, в умовах, передбачених у стандарті на відповідне устаткування;
- *захисний опір* – опір між струмовідною частиною і доступною провідною частиною, який має таке значення, при якому струм при нормальній експлуатації й у випадках можливого ушкодження устаткування обмежений гранично припустимим безпечним значенням. Конструкція такого опору повинна забезпечувати надійність його експлуатації протягом усього терміну служби устаткування.

У ДСТ 14254–96 (МЕК 529–89) встановлена класифікація ступенів захисту, що забезпечується оболонками, у яких міститься електроустаткування, а також їхнє позначення (*код IP*). У документі викладені вимоги для кожного позначення, приведені методи контролю й випробувань оболонок. Вимоги стандарту поширюються на електроустаткування напругою не більш 72.5 кВ.

Під ступенем захисту розуміють спосіб захисту, що забезпечується оболонкою від доступу до небезпечних струмовідних і механічних частин та попадання зовнішніх твердих предметів і (або) води всередину оболонки. Ступінь захисту позначається так називаним кодом IP (скорочення слів «*International Protection*» – міжнародний захист), що містить у собі такі елементи:

- першу характеристичну цифру (цифри від 0 до 6 чи літера, що їх заміняє, «X»);
- другу характеристичну цифру (цифри від 0 до 8 чи літера, що їх заміняє, «X»);
- додаткову букву (літери «A», «B», «C», «D»);
- допоміжну букву (літери «H», «M», «S»).

У коді IP одна чи обидві характеристичні цифри можуть бути замінені буквою «X», коли немає необхідності у нормуванні ступеня захисту. Якщо в коді використовуються кілька додаткових букв, вони розташовуються за абеткою. Додаткові і допоміжні літери опускаються в коді без заміни. Наприклад: IP54, IP2X, IPX1, IPXX, IP20C, IPXXC.

Перша характеристична цифра вказує на ступінь захисту, який забезпечує оболонка:

- людей від доступу до небезпечних частин, чи запобігання (обмежування) проникнення усередину оболонки якої-небудь частини тіла або предмета, що знаходиться в руках у людини;
- устаткування, що розміщене всередині оболонки, від проникнення ззовні твердих предметів.

Якщо перша характеристична цифра дорівнює 0, то оболонка не забезпечує захист ні від доступу до небезпечних частин, ні від проникнення зовнішніх твердих предметів. Перша характеристична цифра 1, вказує на те, що оболонка забезпечує захист від доступу до небезпечних частин тильною стороною руки, 2 – пальцем, 3 – інструментом, 4, 5 і 6 – дротом.

При першій характеристичній цифрі 1, 2, 3 і 4, оболонка забезпечує захист від зовнішніх твердих предметів, діаметр яких більше або дорівнює

відповідно 50, 12.5, 2.5 і 1.0 мм. При цифрі 5 оболонка забезпечує частковий, а при цифрі 6 – повний захист від пилу.

Друга характеристична цифра вказує на забезпечуваний оболонкою ступінь захисту устаткування від шкідливого впливу води. Якщо ця цифра - 0, то оболонка не забезпечує захисту від шкідливого впливу води. Цифра 1 вказує на те, що оболонка забезпечує захист від крапель води, які падають вертикально; 2 – від крапель води, які падають вертикально, коли оболонка відхилена на кут до 15°; 3 – від води, що падає у вигляді дощу; 4 – від суцільного оббризкування; 5 – від водяних струменів; 6 – від сильних водяних струменів; 7 – від впливу при тимчасовому (нетривалому) зануренні у воду; 8 – від впливу при тривалому зануренні у воду.

Оболонки, що мають у своєму коді IP другу характеристичну цифру 7 чи 8, можуть бути обмеженого чи подвійного використання. Оболонки обмеженого використання не призначені для захисту від впливу струменів води і не повинні задовольняти вимогам, що відповідають цифрам 5 чи 6.

Оболонки подвійного використання призначені для захисту і від занурення у воду, і від впливу струменів води. Маркування цих оболонок має такий вигляд: IPX5/IPX7, IPX6/IPX7, IPX5/IPX8, IPX6/IPX8.

Додаткова літера позначає ступінь захисту людей від доступу до небезпечних частин і вказується в тому випадку, якщо:

- дійсний ступінь захисту від доступу до небезпечних частин вище ступеня захисту, зазначеного першою характеристичною цифрою;
- позначений тільки захист від шкідливого впливу води, а перша характеристична цифра замінена символом «X».

Ступінь захисту оболонки може бути позначений додатковою буквою тільки в тому випадку, якщо вона задовольняє усім більш низьким за рівнем ступеням захисту, наприклад: IP1XB, IP1XC, IP1XD, IP2XC, IP2XD, IP3XD. Додаткова літера «A» вказує на те, що оболонка забезпечує захист від доступу до небезпечних частин тильною стороною руки, «B» – пальцем, «C» – інструментом, «D» – дротом.

Допоміжна літера «H» позначає високовольтне електроустаткування. Допоміжні літери «M» і «S» вказують на те, що устаткування з частинами, які рухаються, під час випробувань на відповідність ступеня захисту від шкідливих впливів, пов'язаних із проникненням води, знаходиться відповідно в стані нерухомості або руху.

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Основні положення щодо впливу електричного струму на організм людини.
2. Основні вимоги до забезпечення безпечних умов експлуатації електрообладнання в різних приміщеннях.
3. Що таке струмовідна частина.
4. Основні заходи захисту від прямого дотику до струмовідних частин.
5. Класифікація приміщень за ступенем небезпеки ураження електричним струмом.
6. Класифікація електротехнічного устаткування за способом захисту від ураження електричним струмом.

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 2

ОСНОВНІ ВІДОМОСТІ ПРО ПЗВ

2.1 КЛАСИФІКАЦІЯ ЕЛЕКТРОУСТАНОВОК ЗА ЗАСТОСОВУВАНИМИ СИСТЕМАМИ ЗАЗЕМЛЕННЯ

Електроустановки стосовно заходів електробезпеки поділяються наступним чином:

- напругою вище 1 кВ у мережах із глухозаземленою чи ефективно заземленою нейтраллю;
- напругою вище 1 кВ у мережах з ізольованою чи заземленою через дугогасний реактор або резистор нейтраллю;
- напругою до 1 кВ у мережах із глухозаземленою нейтраллю;
- напругою до 1 кВ у мережах з ізольованою нейтраллю.

Нульовим робочим провідником (**N**) називається провідник в електроустановках до 1 кВ, призначений для живлення електроприймачів і з'єднаний із глухозаземленою нейтраллю генератора чи трансформатора в мережах трифазного струму.

Нульовим захисним провідником (**PE**) називається захисний провідник в електроустановках до 1 кВ, призначений для приєднання відкритих провідних частин до глухозаземленої нейтралі джерела живлення.

Об'єднаними (**PEN**) провідниками називаються провідники в електроустановках напругою до 1 кВ, що виконують функції нульового захисного і нульового робочого провідників.

На рисунках прийняті такі умовні позначення провідників:

- N – N-провідник (М-провідник)
- PEN – PEN-провідник
- PE – захисний провідник (PE-провідник)

Системи заземлення електроустановок, класифікуються таким чином:

TN – система, в якій мережа живлення має глухе заземлення однієї точки струмовідних частин джерела живлення, а електроприймачі і відкриті провідні частини електроустановки приєднуються до цієї точки за допомогою відповідно N– або М– і захисного PE– провідників;

TN–C – система TN, в якій N– або М– і PE– провідники поєднано в одному PEN-кпровіднику по всій мережі;

TN–S – система TN, в якій N– або М– і PE– провідники розділено по всій мережі;

TN–C–S – система TN, в якій N– або М– і PE– провідники поєднано в одному провіднику в частині мережі, починаючи від джерела живлення;

IT – система, в якій мережу живлення ізольовано від землі чи заземлено через прилади або (і) пристрої, що мають великий опір, а відкриті провідні частини електроустановки приєднано до заземленого PE-провідника.

TT – система, одну точку струмовідних частин джерела живлення якої заземлено, а відкриті провідні частини електроустановки приєднано до PE– провідника, з'єднаного із заземлювачем, електрично незалежним від

заземлювача, до якого приєднано точку струмовідних частин джерела живлення.

Зазначені системи для мереж змінного струму представлені на рисунках 2.1–2.6.

Перша літера в літерному позначенні типу заземлення системи означає характер заземлення джерела живлення:

T (від лат. «*terra*» – земля) – безпосереднє приєднання однієї точки струмовідних частин джерела живлення до заземлювального пристрою. У трифазних мережах такою точкою, як правило, є нейтраль джерела живлення (якщо нейтраль недоступна, то заземлюють фазний провідник), у трипровідних мережах однофазного струму і постійного струму – середня точка, а у двопровідних мережах – один із виводів джерела однофазного струму або один із полюсів джерела постійного струму;

I (від англ. «*isolated*» – ізольований,) – усі струмовідні частини джерела живлення ізольовано від землі або одну точку заземлено через великий опір (наприклад, через опір приладів контролю ізоляції).

Друга літера в літерному позначенні типу заземлення системи означає характер заземлення відкритих провідних частин електроустановки:

N (від англ. «*neutrali*» – нейтраль) – безпосередній зв'язок відкритих провідних частин електроустановки з точкою заземлення джерела живлення;

T – безпосередній зв'язок відкритих провідних частин із землею незалежно від характеру зв'язку джерела живлення із землею.

Наступні літери в системі TN позначають влаштування нейтрального N і захисного PE– провідників:

S (від англ. «*separate*» – розділяти) – функції N- і PE– провідників виконують окремі провідники;

C (від англ. «*combine*» – об'єднувати) – функції N– і PE– провідників виконує один PEN– провідник.

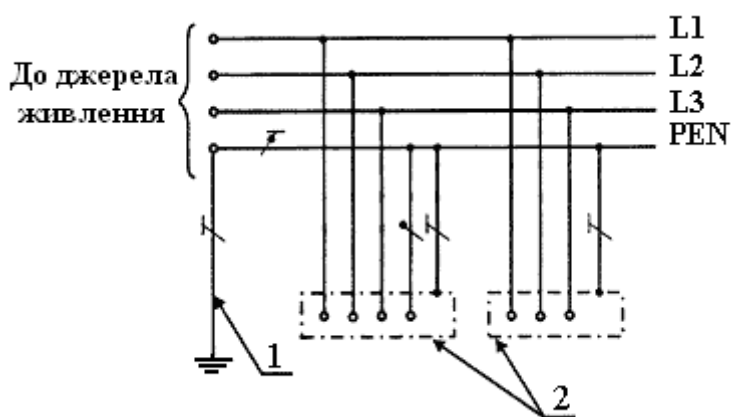


Рисунок 2.1 – Система TN – C змінного струму

- 1 – заземлювач нейтралі (середньої точки) джерела живлення;
- 2 – відкриті провідні частини. Нульовий захисний і нульовий робочий провідники об'єднанні в одному провіднику

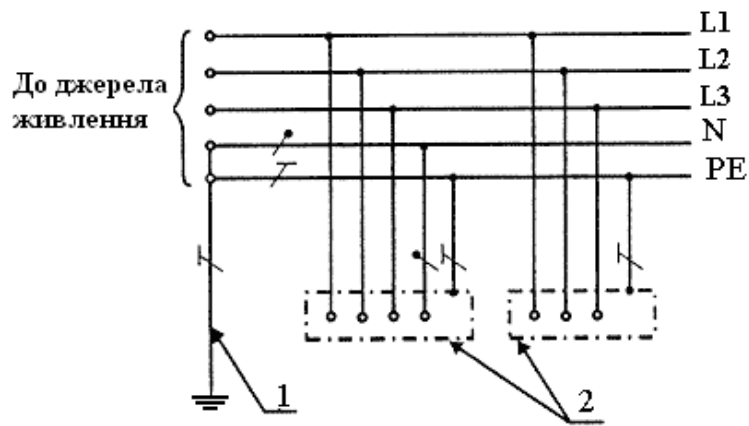


Рисунок 2.2 – Система **TN – S** змінного струму
1 – заземлювач нейтралі джерела змінного струму;
2 – відкриті провідні частини. Нульовий захисний і нульовий робочий провідники розділені по всій мережі

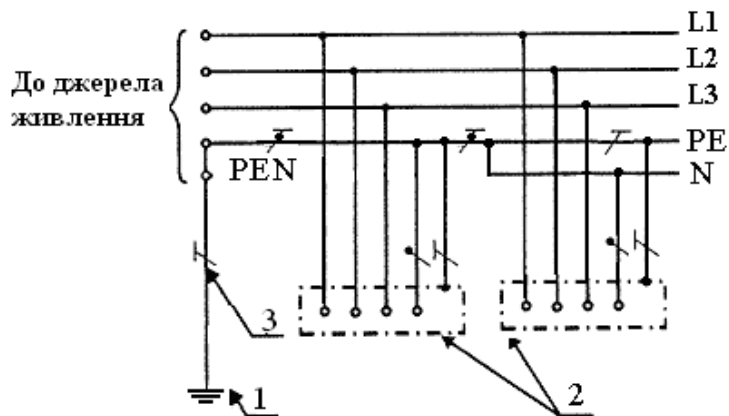


Рисунок 2.3 – Система **TN – C – S** змінного струму
1 – заземлювач нейтралі джерела змінного струму; 2 – відкриті провідні частини; 3 – захисний заземлювальний провідник. Нульовий захисний і нульовий робочий провідники сполучені в одному провіднику в частині мережі

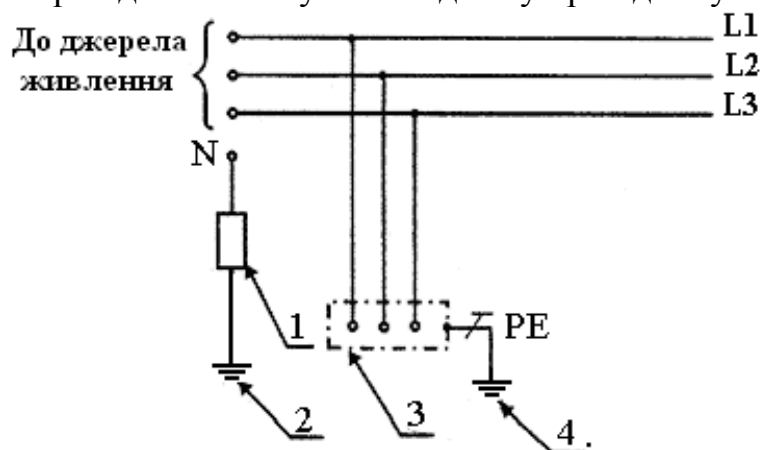


Рисунок 2.4 – Система **IT** змінного струму
1 – опір заземлення нейтралі джерела живлення (якщо мається);
2 – заземлювач; 3 – відкриті провідні частини; 4 – пристрій заземлення.
Відкриті провідні частини електроустановки заземлені.
Нейтраль джерела ізолювана від землі або заземлена через великий опір

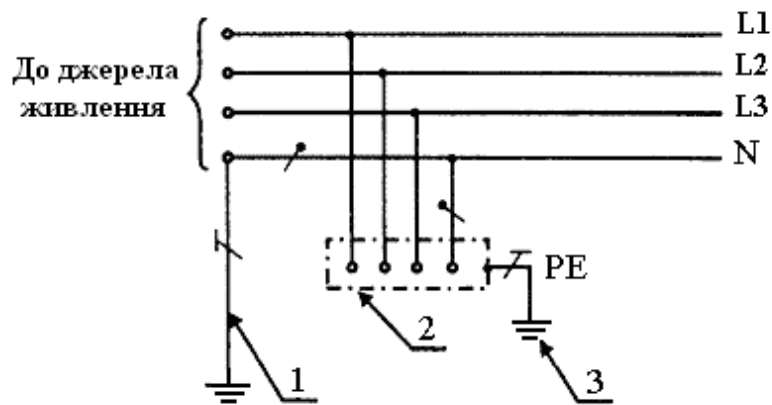


Рисунок 2.5 – Система ТТ змінного струму. Варіант 1

1– заземлювач нейтралі джерела змінного струму; 2– відкриті провідні частини; 3– заземлювач відкритих провідних частин. Відкриті провідні частини електроустановки заземлені за допомогою заземлення, яке електрично незалежне від заземлювача нейтралі

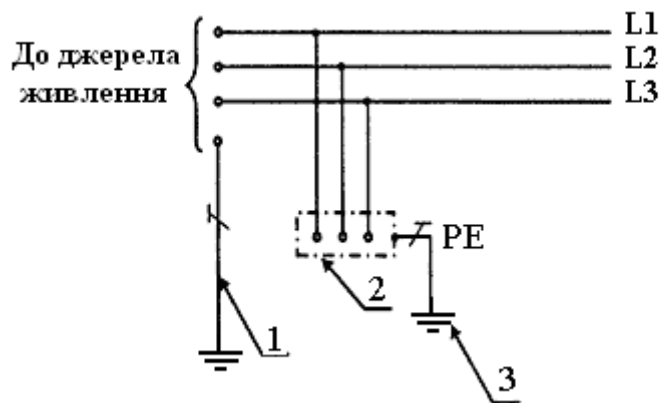


Рисунок 2.6 – Система ТТ змінного струму. Варіант 2

1– заземлювач нейтралі джерела змінного струму; 2 – відкриті провідні частини; 3 – заземлювач відкритих провідних частин. Відкриті провідні частини електроустановки заземлені за допомогою заземлення, яке електрично незалежне від заземлювача нейтралі

Вибір перерізу провідників слід проводити відповідно до вимог відповідних глав ПБЕ. Однофазні дво- і трипроводні лінії, а також трифазні чотири- і п'ятипроводні лінії, які живлять однофазні електроприймачі, повинні мати переріз нульових робочих N провідників, рівний перерізу фазних провідників.

Трифазні чотири- і п'ятипроводні лінії, які живлять електроприймачі трифазної напруги, повинні мати переріз нульових робочих N провідників, рівний перерізу фазних провідників до 16мм^2 по міді і 25мм^2 по алюмінію, а при великих перерізах – не менш ніж 50 % перерізу фазних провідників.

Переріз PEN-провідників має бути не меншим перерізу N провідників і не меншим 10мм^2 по міді і 16мм^2 по алюмінію незалежно від перерізу фазних провідників.

Переріз PE-провідників повинен дорівнювати перерізу фазних до 16мм^2

і 16 мм^2 – при перерізі фазних провідників від 16 до 35 мм^2 і 50% перерізу фазних провідників при більших перерізах.

Переріз РЕ провідників, що не входять до складу кабелів, повинен бути не меншим 2.5 мм^2 при наявності механічного захисту і 4 мм^2 – при його відсутності.

Вимоги до виконання групових мереж у ПБЕ сформульовані таким чином (п. 2.3.1): «Постачання електроприймачів повинне виконуватися від електричної мережі з глухо заземленою нейтраллю $380/220 \text{ В}$ з системою заземлення $\text{TN} - \text{S}$ чи $\text{TN} - \text{C} - \text{S}$.

При реконструкції житлових і суспільних будинків, що мають напругу мережі $220/127 \text{ В}$ чи $3 \times 220 \text{ В}$, слід передбачити переведення мережі на напругу $380/220 \text{ В}$ з системою заземлення $\text{TN} - \text{S}$ чи $\text{TN} - \text{C} - \text{S}$ ».

Не допускається об'єднання нульових робочих і нульових захисних провідників різних групових ліній. Нульовий робочий і нульовий захисний провідники не можна підключати під загальний контактний затиск.

Важливе зауваження!

В електроустановках з системами заземлення $\text{TN} - \text{S}$ і $\text{TN} - \text{C} - \text{S}$ електробезпека споживача забезпечується не власне системами, а ПЗВ, які діють більш ефективно в комплексі з цими системами заземлення і системою вирівнювання потенціалів.

Застосування ПЗВ у комплексі з правильно виконаною системою вирівнювання потенціалів дозволяє обмежити і навіть виключити протікання блукаючих струмів по провідним елементам конструкції споруд, що дасть можливість значною мірою знизити їх корозійне зношення (в тому числі і трубопроводів).

2.2 КЛАСИФІКАЦІЯ ПЗВ

Для класифікації ПЗВ пропонується використовувати такі класифікаційні ознаки: режим нейтралі джерела живлення електроустановки; рід і частота струму; напруга; число фаз (полюсів); мобільність; спосіб захисту від зовнішніх впливів; спосіб монтажу.

У залежності від режиму нейтралі джерела живлення електроустановки ПЗВ підрозділяють на пристрої, призначені для електроустановок з ізольованою і з глухозаземленою нейтраллями.

За родом і частотою струму ПЗВ підрозділяють на ті, що призначені для електроустановок:

- змінного струму частотою 50 Гц ;
- змінного струму непромислової частоти;
- постійного струму;
- випрямленого струму;
- двох і більшої кількості струмів із числа зазначених вище.

За умовами функціонування при наявності складових постійного струму розрізняють:

- ПЗВ типу АС, що реагують на синусоїдальний змінний диференціальний струм, що повільно наростає, або виникає стрибком;

– ПЗВ типу А, що реагують як на синусоїдальний змінний диференціальний струм, так і на пульсуючий постійний диференціальний струм, котрий повільно наростає, або виникає стрибком.

За наявністю затримки за часом розділяють:

- ПЗВ без витримки часу – тип загального застосування;
- ПЗВ з витримкою часу – тип S (селективний).

ПЗВ, які призначені для відключення електроустановок при дотику людини до частин, що знаходяться під напругою, підрозділяють на пристрої, розраховані на електроустановки наступних класів напруг:

- змінного струму частотою 50 (60) Гц – 127, 220, 380, 500, 660, 1000 В;
- змінного струму частотою 400 Гц – 200 В;
- постійного (випрямленого) струму – 110, 220, 275, 400 В.

ПЗВ, призначені для відключень електроустановки при виникненні в ній струму витоку, підрозділяють на пристрої, розраховані на електроустановки вищевказаних класів напруг, а також 6000 і 10000 В частотою 50 (60) Гц.

За числом фаз (полюсів) ПЗВ підрозділяють на однофазні (однополюсні); двофазні (двополюсні); трифазні (триполюсні, чотириполюсні).

За мобільністю електроустановок ПЗВ поділяють на пристрої, призначені для електроустановок: стаціонарних, пересувних, переносних, ручних.

За видом вхідного сигналу слід розрізняти ПЗВ, що реагують на струм нульової послідовності; напругу нульової послідовності; суму, різницю, фазові співвідношення між струмом і напругою нульової послідовності (чи виділених гармонік напруги і струму), а також між струмом або напругою нульової послідовності і фазових напруг мережі; струм витоку; напругу корпусу відносно землі; оперативний струм (постійний, змінний непромислової частоти), що накладається на робочий струм електроустановки; два і більше перераховані фактори (багатофакторні ПЗВ).

У залежності від можливості регулювання уставок розрізняють ПЗВ з регульованими і з нерегульованими уставками.

У свою чергу ПЗВ з регульованими уставками підрозділяють на ПЗВ з плавним регулюванням уставок; з дискретним регулюванням уставок; з комбінованим регулюванням уставок.

За способом контролю справності розрізняють ПЗВ, у яких передбачений: самоконтроль і ручний контроль; такі, в яких є тільки ручний контроль.

У залежності від необхідності використовувати поряд з ПЗВ інші засоби захисту розрізняють ПЗВ, що застосовуються разом із зазначеними засобами – і без них.

За вибірковістю дії ПЗВ підрозділяють на селективні і неселективні.

У залежності від способу захисту від зовнішніх впливів ПЗВ випускають у захищеному й у незахищеному виконанні, для експлуатації яких необхідна захисна оболонка.

За способом монтажу розрізняють ПЗВ поверхневого монтажу; ПЗВ утопленого монтажу; ПЗВ панельно–щитового монтажу.

МЕК (ІЕК) розробила – класифікацію ПЗВ (табл. 2.1). Загальна назва *residual current protective device* – *RCD* – захисний пристрій по диференціальному струму.

Таблиця 2.1 – Класифікація ПЗВ за МЕК

RCD	residual current protective device – захисний пристрій по диференціальному (різничному) струму (загальна назва ПЗВ)
PRCD	portable residual current protective device – переносний захисний пристрій по диференціальному струму
PRCD–S	portable residual current protective device – safety – переносний захисний пристрій по диференціальному струму (в кабелі–подовжувачі)
SRCD	fixed socket outless residual protective current device – захисний пристрій по диференціальному струму (вбудований в розетку)
RCCB	residual current operated circuit-breakers without integral overcurrent protection – захисний пристрій по диференціальному струму без вбудованого захисту від надструмів
RCBO	residual current operated circuit breakers with integral overcurrent protection – захисний пристрій по диференціальному струму з вбудованим захистом від надструмів
RCM	residual current monitor – пристрій контролю диференційного струму (струму витоку)

2.3 ПРИНЦИП ДІЇ ПЗВ

Більшість ПЗВ, що знаходяться сьогодні в експлуатації, мають структурну схему, представлену на рис. 7.1. Основним функціональним блоком ПЗВ є диференціальний трансформатор струму 1. Граничний елемент 2, як правило, є чутливим магнітоелектричним реле прямої дії або напівпровідниковим реле. Виконавчий механізм 3 містить спусковий механізм і силову контактну групу для розмикання електричного кола.

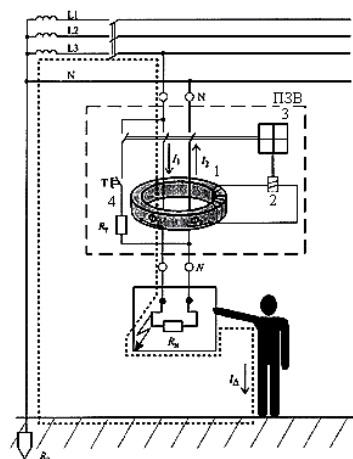


Рисунок 2.7 – Структура ПЗВ

Для проведення періодичного контролю працездатності ПЗВ, використовується коло тестування 4. При натисканні кнопки «Тест» у колі виникає диференціальний струм, який має викликати спрацювання ПЗВ та відключення кола, що захищається.

Принцип дії ПЗВ полягає в наступному. У нормальному режимі в силовому колі по провідниках, що проходять крізь вікно магнітопроводу трансформатора струму, протікає робочий струм навантаження. Ці провідники, створюють зустрічно включені первинні обмотки диференціального трансформатора струму. Рівні за величиною струми I_1 і I_2 у зустрічно включених обмотках наводять у магнітному сердечнику трансформатора магнітні потоки Φ_1 і Φ_2 , які дорівнюють один одному, але зустрічно спрямовані. Результируючий магнітний потік у вторинній обмотці диференціального трансформатора буде дорівнювати нулю, відповідно струм у вторинній обмотці також дорівнює нулю. Пусковий орган у цьому випадку знаходиться в стані спокою.

До магнітного осердя диференціального трансформатора ставляться високі вимоги – лінійність характеристики намагнічування, висока чутливість, температурна і часова стабільність і т. д. У зв'язку з цим для виготовлення магнітопроводів застосовується спеціальне високоякісне аморфне (некристалічне) залізо.

При дотику людини до відкритих струмовідних частин або до корпусу електроприймача, де відбувся пробій ізоляції, по фазному провіднику, що проходить через ПЗВ, крім струму навантаження I_1 протікає додатковий струм – струм витоку I_{Δ} . Виникає нерівність струмів у первинних обмотках, що супроводжується нерівністю магнітних потоків. У результаті цього у вторинній обмотці виникає диференціальний струм. Коли величина цього струму перевищить значення уставки граничного елемента пускового органа 2, останній спрацює і впливає на виконавчий механізм 3. Виконавчий механізм, який як правило, складається з пружинного приводу, спускового механізму і групи силових контактів, розмикає електричне коло і знеструмлює електроустановку.

2.4 ТЕХНІЧНІ ПАРАМЕТРИ ПЗВ

Основними параметрами, за допомогою яких виконується вибір ПЗВ і контролюються їхні технічні характеристики, є наступні:

- *номінальна напруга (U_n)* – діюче значення напруги, при якому забезпечується працездатність ПЗВ. $U_n = 220, 380$ В.

- *номінальний струм навантаження (I_n)* – значення струму, що ПЗВ може пропускати в тривалому режимі роботи. $I_n = 6; 16; 25; 40; 63; 80; 100; 125$ А.

- *номінальний диференціальний струм вимикання, ($I_{\Delta n}$)* – значення диференціального струму, що викликає відключення ПЗВ при заданих умовах експлуатації. $I_{\Delta n} = 0,006; 0,01; 0,03; 0,1; 0,3; 0,5$ А.

- *номінальний диференціальний струм, що не вимикає, ($I_{\Delta n0}$)* – значення диференціального струму, що не викликає відключення ПЗВ при заданих умовах експлуатації. $I_{\Delta n0} = 0,5 I_{\Delta n}$.

– *граничне значення надструму, що не вимикає, (I_{nm})* – мінімальне значення надструму, що невідключає, при симетричному навантаженні дво- і чотирьополосних або при несиметричному навантаженні чотирьополосних ПЗВ $I_{nm} = 6 I_n$.

– *надструм* – будь-який струм, що перевищує номінальний струм навантаження.

– *номінальна здатність вмикати і вимикати (комутаційна здатність) (I_m)* – діюче значення очікуваного струму, яке ПЗВ здатне включити, пропускати протягом свого часу розмикання і відключити при заданих умовах експлуатації без порушення його працездатності. Мінімальне значення $I_m = 10 I_n$ або 500 А (вибирається більше значення).

– *номінальна здатність вмикати і вимикати по диференціальному струму ($I_{\Delta m}$)* – діюче значення очікуваного диференціального струму, яке ПЗВ здатний включити, пропускати протягом всього часу розмикання і відключити при заданих умовах експлуатації без порушення його працездатності. Мінімальне значення $I_{\Delta m} = 10 I_n$ чи 500 А (вибирається більше значення).

– *номінальний умовний струм короткого замикання (I_{nc})* – діюче значення очікуваного струму, яке здатний витримати ПЗВ, що захищається пристроєм захисту від коротких замикань, при заданих умовах експлуатації, без необоротних змін, що порушують його працездатність. $I_{nc} = 3000; 4500; 6000; 10\,000$ А.

– *номінальний умовний диференціальний струм короткого замикання ($I_{\Delta c}$)* – діюче значення очікуваного диференціального струму, яке здатний витримати ПЗВ, що захищається пристроєм захисту від коротких замикань при заданих умовах експлуатації без необоротних змін, що порушують його працездатність. $I_{\Delta c} = 3000; 4500; 6000; 10\,000$ А.

– *номінальний час відключення T_n* – проміжок часу між моментом раптового виникнення диференціального струму, що відключає, і моментом гасіння дуги на всіх полюсах.

Стандартні значення максимально припустимого часу вимикання ПЗВ типу АС при будь-якому номінальному струмі навантаження і заданих нормами значеннях диференціального струму мають не перевищувати значень, приведених у таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Час відключення T_n

Диференціальний струм	$I_{\Delta n}$	$2 I_{\Delta n}$	$5 I_{\Delta n}$	500 А
Час відключення, с	0,3	0,15	0,04	0,04

На рисунку 2.8 приведена графічна інтерпретація області спрацьовування ПЗВ в залежності від кратності диференціального струму.

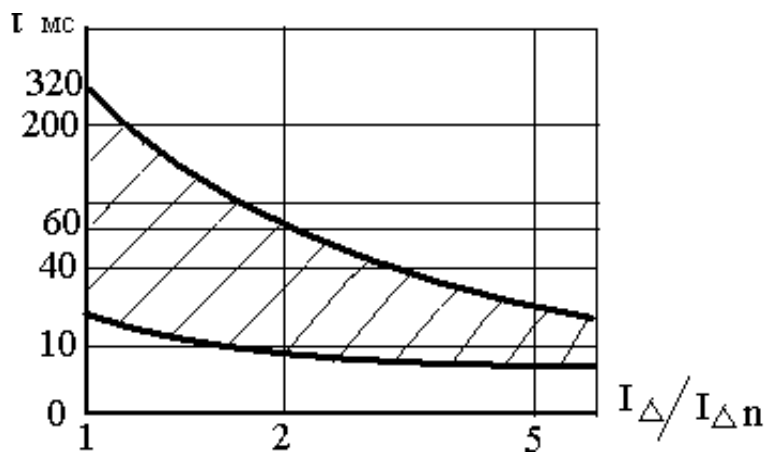


Рисунок 2.8 – Часострумова характеристика ПЗВ

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Що таке нульовий робочий провідник, нульовий захисний провідник та об'єднаний провідник.
2. Класифікація систем заземлення електроустановок.
3. Умови вибору перерізу провідників в електроустановках.
4. Класифікація ПЗВ.
5. В чому полягає принцип дії ПЗВ.
6. Основні параметри, за допомогою яких виконується вибір ПЗВ.

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 3 ЗАСТОСУВАННЯ ПЗВ В ЕЛЕКТРОУСТАНОВКАХ

3.1 ВИБІР ПЗВ ПРИ ПРОЕКТУВАННІ І МОНТАЖІ ЕЛЕКТРОУСТАНОВОК

Основним нормативним документом, який необхідно використовувати при проектуванні електроустановок з використанням ПЗВ є ПБЕ. При цьому слід додатково розглянути такі питання:

- вибір категорії проектного об'єкта за умовами електробезпеки;
- вибір типу і параметрів ПЗВ;
- забезпечення селективності дії ПЗВ;
- вибір місця установки відповідно до призначення ПЗВ;
- провести аналіз роботи ПЗВ в електроустановках при використанні різних схем заземлення.

У реальних умовах часто виникає ситуація, коли необхідно зробити вибір ПЗВ для установки, що вже експлуатується. У цьому випадку вибір ПЗВ рекомендується виконувати в послідовності, наведеній в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Послідовність вибору ПЗВ

№ з/п	Умови вибору	Нормативні вимоги
1	Аналіз електричної схеми електроустановки. Визначення необхідної кількості ПЗВ	Характеристика електроустановки. Кількість фаз. Напруга. Частота. Системи заземлення. Категорії споживачів
2	Аналіз режимів електроустановки в робочому й аварійному режимах з урахуванням характеристик захисних апаратів	Розрахунок струмів навантаження в колах. Розрахунок струмів короткого замикання
3	Вибір електричних апаратів	Технічні параметри апаратів. Результати розрахунку електричних режимів електроустановки
4	Координація захисних пристроїв	Часострумові характеристики захисних пристроїв
5	Селективність роботи	Аналіз схеми за умовами забезпечення селективності дії ПЗВ
6	Документація на ПЗВ	Наявність сертифікатів відповідності і пожежної безпеки. Наявність технічного паспорта, посібника з експлуатації з вказівкою технічних параметрів
7	Характеристики ПЗВ	Технічні параметри ПЗВ
8	Умови експлуатації	Температурний режим. Кліматичне виконання

3.2 МІСЦЕ УСТАНОВКИ ПЗВ

Вибір місця установки ПЗВ в групових колах електроустановок будинків рекомендується виконувати з урахуванням включення в зону дії ПЗВ насамперед ділянок електричного групового кола з найбільшою імовірністю електроураження людей при дотику до струмовідних або відкритих провідних частин електроустаткування, що можуть внаслідок ушкодження ізоляції опинитися під напругою. Це, насамперед, розеточні групи, ванні і душові кімнати, пральні машини, приміщення з підвищеною небезпекою ураження струмом і т.п. Установка ПЗВ, як правило, здійснюється у ввідно-розподільних пристроях (ВРП).

У багатоквартирних житлових будинках ПЗВ доцільно встановлювати в групових або квартирних щитках. Допускається установка в поверхових розподільних щитках.

При виборі місця установки ПЗВ в будинку слід враховувати: спосіб монтажу електропроводки, матеріал будівель, призначення ПЗВ, умови експлуатації по електробезпеці, параметри ПЗВ, клас приміщень, схеми підключення електроприладів і т. п.

У схемах електропостачання радіального типу зі значною кількістю груп, що відходять, рекомендується установка загального на вводі й окремого ПЗВ на кожну групу приймачів за умови відповідного вибору параметрів ПЗВ, що забезпечують селективність їхньої дії.

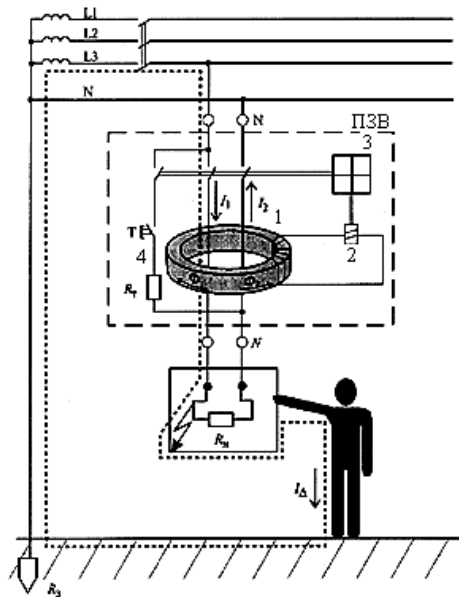


Рисунок 3.1 – Застосування ПЗВ в системі TN – S

1–заземлення джерела живлення(на підстанції); 2–захисне заземлення електроустановки будинку (у входному щиті); 3–відкриті провідні частини електроустановки

3.3 ЗАСТОСУВАННЯ ПЗВ В РІЗНИХ СИСТЕМАХ ЗАЗЕМЛЕННЯ ЕЛЕКТРОУСТАНОВОК

Як відзначалося раніше у даний час використовуються системи заземлення електроустановок TN – C, TN – S, TN – C – S, TT, IT і застосування ПЗВ в кожній з цих систем має свої особливості.

На рисунку 3.1 наведений приклад застосування ПЗВ в електроустановці із системою заземлення TN – S. Даний режим забезпечує безпечну експлуатацію електроустановок і надійне функціонування ПЗВ.

У системі TT усі відкриті провідні частини електроустановки приєднані до заземлення, електрично незалежного від заземлювача нейтралі джерела живлення. Приклад застосування ПЗВ в електроустановці системи TT показаний на рисунку 3.2.

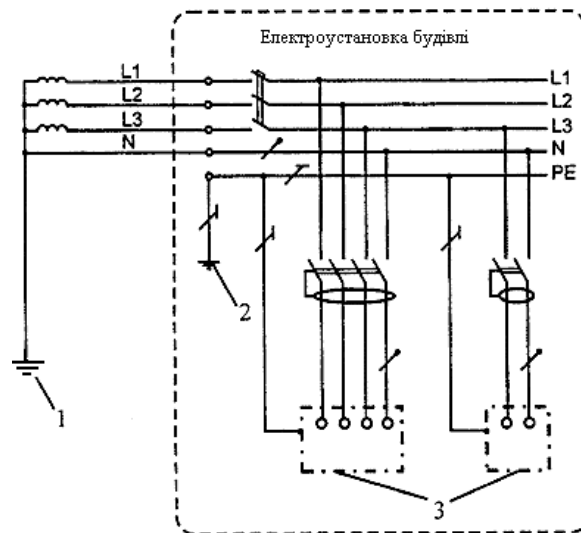


Рисунок 3.2 – Застосування ПЗВ у системі ТТ

1– заземлення джерела живлення; 2– захисне заземлення електроустановки будинку; 3– відкриті провідні частини

Для захисту від непрямого дотику в системі ТТ можливе використання пристрою захисту від надструму, якщо електроустановка має пристрій заземлювання, з дуже малим опором. При цьому гарантоване відключення живлення електроустановки повинне спрацьовувати при появі на відкритих провідних частинах електроустановки напруги не більш 50 В.

Для відключення живлення електроустановки системи ТТ за допомогою автоматичних вимикачів необхідно забезпечити високу кратність струму короткого замикання, низький опір пристрою заземлювання і т. д. У реальних умовах експлуатації виконати ці умови не завжди вдається. Ефективне рішення проблеми автоматичного відключення живлення дає застосування чутливих ПЗВ. При цьому уставка (номінальний диференціальний струм вимикання) повинна бути меншою значення струму замикання на заземлені відкриті провідні частини при напрузі на них 50 В щодо зони нульового потенціалу.

У системі ІТ значення струму замикання на землю визначається станом ізоляції мережі щодо землі. При високому опорі ізоляції щодо землі струм замикання на землю дуже малий. У випадку прямого дотику людини до струмовідних частин такої електроустановки струм, що протікає через тіло людини, при опорі ізоляції, вищому певного значення, не є небезпечним для життя. Таким чином, рівень опору ізоляції в мережах ІТ є фактором, що визначає як надійність, так і електробезпеку їхньої експлуатації. Оскільки в мережах ІТ дуже важливо підтримувати опір ізоляції на високому рівні, ведення автоматичного постійного контролю ізоляції є обов'язковим електрозахисним заходом.

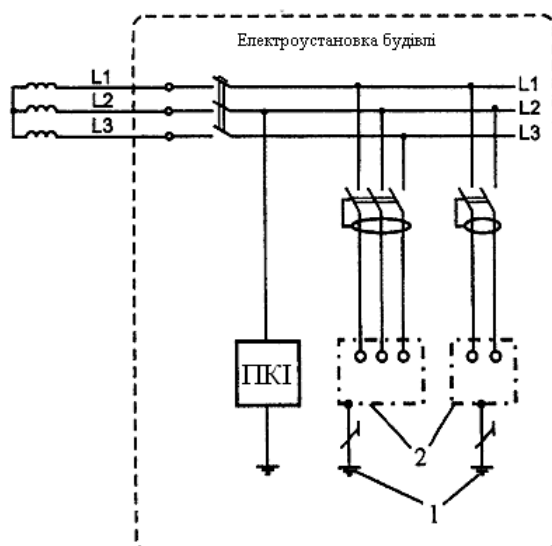


Рисунок 3.3 – Застосування ПЗВ в системі ІТ

1– захисне заземлення електроустановки будинку; 2– відкриті провідні частини;
ПКІ– пристрій контролю ізоляції

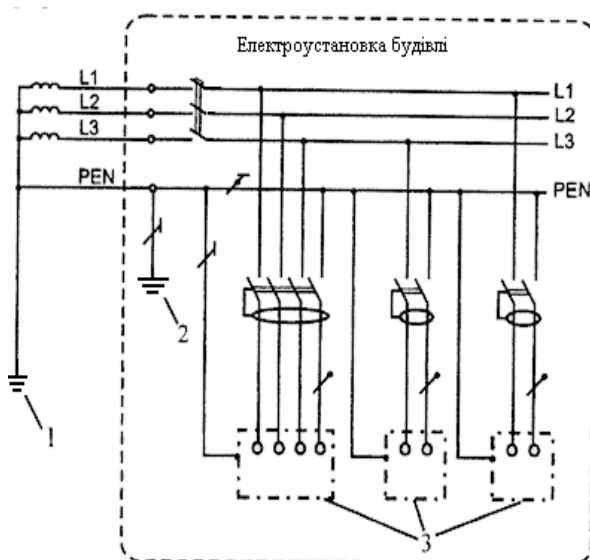


Рисунок 3.4 – Застосування ПЗВ в системі TN – С

1 – заземлення джерела живлення; 2 – захисне заземлення електроустановки будинку; 3–відкриті провідні частини

Для захисту при непряму дотику в мережах ІТ виконується захисне заземлення в сполученні з контролем ізоляції мережі або застосовуються ПЗВ з номінальним диференціальним струмом вимикання не більшим 30 мА. При першому замиканні на землю в електроустановках системи ІТ пристрій контролю ізоляції подає сигнал. Якщо до усунення першого замикання відбувається друге замикання на землю, то спрацює ПЗВ. Схема підключення ПЗВ в системі ІТ наведена на рисунку 3.3.

Велика частина електроустановок у нашій країні працює із системою заземлення TN – С (без захисного провідника РЕ). Схема включення ПЗВ в такий електроустановці наведена на рисунку 3.4.

У такий електроустановці при пробі ізоляції на корпус електроприймача у випадку, якщо цей корпус не заземлений, ПЗВ, ввімкнений в коло живлення електроприймача, не спрацює, тому що немає кола протікання струму витоку – немає диференціального струму. Подібна ситуація виникає в житлових приміщеннях, у яких експлуатується побутова техніка, встановлена на ізолюючу основу, наприклад холодильники, пральні машини і т. д.

При цьому на корпусі електроприймача з'явиться небезпечний потенціал щодо землі. При дотику людини до корпусу електроприймача і протіканні через її тіло струму на землю, що перевищує номінальний диференціальний струм, ПЗВ зреагує і відключить електроустановку від мережі. У розглянутому випадку існує період часу, з моменту виникнення на корпусі електроприймача електричного потенціалу і до моменту відключення дефектного кола від мережі – це період потенційної небезпеки ураження людини. Однак застосування ПЗВ в електроустановках із системою заземлення TN – С також виправдане, оскільки цей пристрій забезпечує ефективний захист від ураження електричним струмом.

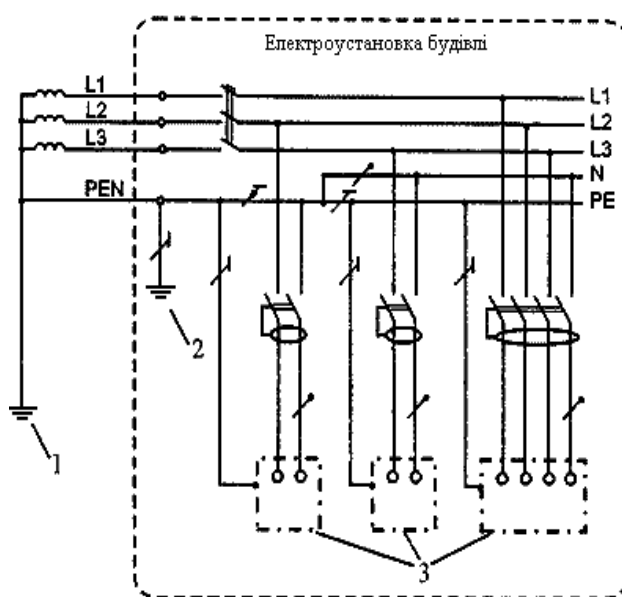


Рисунок 3.5 – Застосування ПЗВ в системі TN – С – S.

1–заземлення джерела живлення; 2–захисне заземлення електроустановки будинку; 3–відкриті провідні частини

Для одержання системи TN–C–S у системі TN–C об'єднаний нульовий і робочий провідник PEN розділяється на нульовий захисний PE і нульовий робочий N провідники у ввідно-розподільному пристрої. При цьому нульовий робочий і нульовий захисний провідники не допускається підключати під спільний контактний затиск – із метою збереження з'єднання захисного провідника з заземленням у випадку руйнування контактного затиску.

Застосування ПЗВ в електроустановці будинку системи TN – C – S наведено на рисунку 3.5.

Рекомендується використовувати ПЗВ в тих частинах електроустановки будинку, де електричні кола з PEN-провідниками розташовані до входних клем ПЗВ. У разі потреби застосування ПЗВ для захисту окремих електроприймачів, що одержують живлення від системи TN – C, захисний РЕ – провідник електроприймача повинний бути підключений до PEN – провідника кола, що живить електроприймач, до захисного комутаційного апарата.

3.4 ВИБІР ТИПУ І ПАРАМЕТРІВ ПЗВ

Сьогодні різними виробниками випускається велика кількість різноманітних ПЗВ. Внаслідок цього при проектуванні, а також у процесі експлуатації виникають проблеми, пов'язані з вибором того чи іншого типу ПЗВ для конкретної електроустановки. При виборі ПЗВ доводиться користуватися тільки тією інформацією, що надається виробником. У зв'язку з цим особливу увагу, слід звертати на характеристики, що визначають якість цих пристроїв і їхню працездатність. Набір робочих характеристик – номінальна напруга, номінальний струм навантаження, номінальний диференціальний струм вимикання, як правило, приводяться в документації на ПЗВ. Їх вибирають відповідно до параметрів електроустановки, що проектується.

ПЗВ випускають у двополюсному і чотириполюсному виконанні. Двополюсні ПЗВ розраховані на номінальну напругу $U_n = 220\text{В}$, чотириполюсні – на $U_n = 380\text{ В}$. Можливе застосування чотириполюсних ПЗВ в однофазній мережі – за умови, що при цьому забезпечується нормальне функціонування тестового кола при цій напрузі. Відповідно до нормативних документів ПЗВ повинен зберігати працездатність у визначеному діапазоні напруг. Слід зазначити, що електромеханічні ПЗВ є функціонально незалежними від напруги живлення і зберігають працездатність при будь-яких значеннях напруги.

Номінальний струм навантаження I_n вибирається з ряду: 6, 10, 16, 25, 40, 63, 80, 100, 125 А. Значення цього струму залежить, як правило, від перерізу провідників у самому пристрої і конструкції силових контактів. У зв'язку з тим, що ПЗВ захищений послідовним захисним пристроєм (ПЗП), номінальний струм навантаження ПЗВ повинний бути скоординований з номінальним струмом ПЗП. Величина номінального струму навантаження ПЗВ повинна дорівнювати або бути на ступінь вище номінального струму послідовного захисного пристрою. Якщо номінальні струми ПЗВ й автоматичного вимикача дорівнюють один одному, то при протіканні струму, котрий перевищує номінальний, ПЗВ буде перевантаженим весь проміжок часу до того моменту, коли відключиться автоматичний вимикач.

Номінальний диференціальний струм вимикання, – струм уставки вибирається з наступного ряду: 6, 10, 30, 100, 300, 500 мА.

Для кожного конкретного випадку уставку ПЗВ вибирають з урахуванням наступних факторів:

- значення існуючого в даній електроустановці сумарного (з урахуванням приєднаних стаціонарних і переносних електроприймачів) струму витоку на землю – так званого «фоновому струму витоку»;
- значення припустимого струму через людину на основі критеріїв електробезпеки;
- реального значення диференціального струму, що відключає ПЗВ.

Відповідно до вимог ПБЕ номінальний диференціальний струм вимикання ПЗВ повинний бути мінімум у три рази більшим сумарного струму витоку кола захищеної електроустановки. Величина сумарного струму витоку визначається розрахунковим шляхом чи вимірюється спеціальними приладами. При відсутності даних про значення струму витоку в електроустановці ПБЕ рекомендують приймати струм витоку електроприймача з розрахунку 0.4 мА на 1 А току навантаження, а струм витоку кола – з розрахунку 10 мкА на 1 м довжини фазного провідника. Рекомендовані значення номінального диференціального струму вимикання (уставки) ПЗВ для діапазону номінальних струмів 16–80 А приведені в таблиці 3.2.

У деяких випадках для окремих споживачів значення уставки задається нормативними документами.

Таблиця 3.2 – Рекомендовані значення номінального диференціального струму вимикання (уставки ПЗВ)

Номінальний струм навантаження в зоні захисту, А	16	25	40	63	80
$I_{\Delta n}$ при роботі в зоні захисту одиночного споживача, мА	10	30	30	30	100
$I_{\Delta n}$ при роботі в зоні захисту групи споживачів, мА	30	30	30(100)	100	300
$I_{\Delta n}$ ПЗВ протипожежного призначення на ВРУ, мА	300	300	300	300	300

Номінальний диференціальний струм вимикання ПЗВ дорівнює половині значення струму уставки: $I_{n0} = 0.5 I_{\Delta n}$. Це означає, що реальне значення диференціального струму, при якому ПЗВ спрацьовує, знаходиться в діапазоні від половини до цілого значення номінального струму вимикання. Щоб уникнути помилкових відключень, дану обставину слід враховувати при проектуванні й експлуатації ПЗВ. Для надійної роботи ПЗВ необхідно зіставляти реальне значення струму вимикання з «фоновим» струмом витоку в електроустановці.

Граничне значення надструму I_{nm} , який не відключає, характеризує здатність ПЗВ не реагувати на симетричні струми короткого замикання і перевантаження. Відповідно до нормативних документів мінімальне значення струму, що не відключає, повинне дорівнювати шестиразовому значенню

номінального струму навантаження: $I_{nm} = 6I_n$. Максимальне значення надструму, що не вимикається, – не нормується і може мати значення, яке набагато перевищує $6I_n$. Даний параметр є важливим показником якості пристрою. Помилковою є думка, що це струм, при якому ПЗВ повинний вимикати установку.

Номінальна здатність вмикати і вимикати (комутаційна здатність) є параметром, що визначає надійність ПЗВ. Залежить вона в основному від рівня технічного виконання пристрою – якості силових контактів, потужності пружинного приводу, матеріалу і якості механізму, наявності дугогасильної камери й ін.


Аналогічною є характеристика номінальної здатності по диференціальному струму $I_{\Delta m}$, що припускає протікання диференціального надструму, наприклад, при короткому замиканні на корпус електроприймача в системі TN–C–S.

Номінальний умовний струм короткого замикання I_{nc} – один з основних параметрів ПЗВ, що характеризує термічну й електродинамічну стійкість виробу при протіканні надструмів. Значення цього параметра вказується на лицьовій панелі пристрою або приводиться в технічній документації на ПЗВ.


Однак такі параметри як комутаційна здатність I_m і умовний розрахунковий струм короткого замикання I_{nc} , що визначають надійність роботи ПЗВ, не завжди приводяться виробниками в технічній документації.

Комутаційна здатність ПЗВ, відповідно до вимог норм, повинна бути не меншою десятикратного значення номінального струму або 500 А (береться більше значення).

Багато ПЗВ мають, як правило, набагато більш високу комутаційну здатність – 1000, 1500 А. Це значить, що такі пристрої надійніші, і в аварійних режимах, наприклад, при короткому замиканні на землю – ПЗВ, випереджаючи автоматичний вимикач, гарантовано вимкне установку.

Умовний розрахунковий струм короткого замикання – характеристика, що умовно визначає надійність і міцність пристрою, якість виконання його механізму й електричних з'єднань. Відповідно до нормативних документів мінімально припустиме значення I_{nc} складає 4.5 кА. Чим вища якість ПЗВ, тим більше значення I_{nc} . У деяких зразках ПЗВ цей показник досягає значення 15 кА. На лицьовій панелі пристроїв даний показник вказується або символом (наприклад, $I_{nc} = 6000$, $I_{nc} = 10\,000$), або відповідними цифрами в прямокутнику .

Номінальний час вимикання T_n відповідно до вимог нормативних документів не повинний перевищувати 0.3 с. Однак у даний час розроблені конструкції ПЗВ, у яких цей параметр складає 20–30мс. У зв'язку з цим у процесі експлуатації можливі ситуації, коли ПЗВ відключає струм навантаження чи надструм швидше апарата захисту.

Діапазон робочих температур ПЗВ – від мінус 5 до плюс 40°C. При спеціальному виконанні для діапазону температур від мінус 25 до плюс 40°C на лицьовій панелі наноситься знак .

3.5 СХЕМИ ПІДКЛЮЧЕННЯ ПЗВ

ПЗВ, які серійно випускаються різними виробниками, відрізняються не тільки своїми характеристиками, але і схемами підключення. Варіанти розповсюджених схем включення ПЗВ приведені на рисунку 3.6. Схема підключення ПЗВ, як правило, наводиться на лицьовій чи бічній поверхні корпусу.

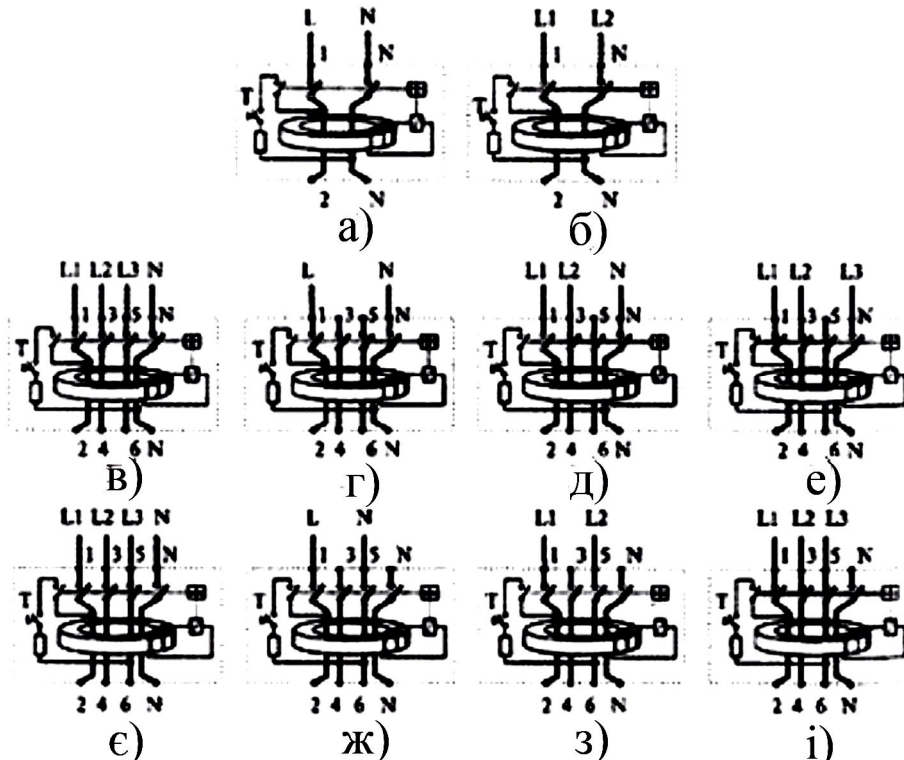


Рисунок 3.6 – Схеми підключення ПЗВ:

а), б) – двополюсні ПЗВ; в), г), д), е) – чотиріполюсні ПЗВ, у яких резистор, що імітує диференціальний струм, підключений на фазну напругу; є), ж), з), і) – на лінійну напругу

3.6 АНАЛІЗ ПРИЧИН, ЯКІ ВИКЛИКАЮТЬ ПОМИЛКОВЕ СПРАЦЬОВУВАННЯ ПЗВ

Основними причинами помилкового спрацьовування ПЗВ є помилки, що допускаються при монтажі диференціальних вимикачів (ВД) і диференціальних автоматів (АД). Розглянемо найбільш розповсюджені з них.

Найбільш розповсюдженою помилкою при монтажі є підключення до ВД навантаження, у колі якого є з'єднання нульового робочого провідника N з відкритими провідними частинами електроустановки або з'єднання з нульовим захисним провідником РЕ (рис. 3.7). У цьому випадку висока імовірність помилкового спрацьовування ВД.

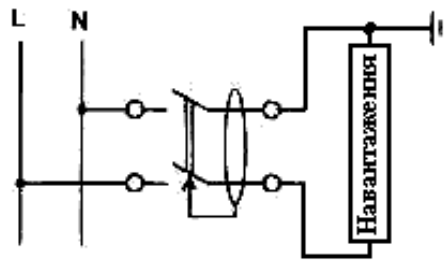


Рисунок 3.7 – З'єднання нульового робочого провідника N з відкритими провідними частинами електроустановки

Ще однією помилкою, яку бува, допускають при монтажі ВД або проведенні модернізації розподільних щитків із застосуванням ВД, є об'єднання нульових робочих провідників N різних ВД у зоні їхнього захисту (рис. 3.8). У результаті струм навантаження є диференціальним для обох ВД і один з них чи обидва спрацювуть.

Диференціальний вимикач вимкнеться при підключенні навантаження до нульового робочого провідника N до ВД (рис. 3.9), тому що в цьому випадку струм навантаження буде диференціальним для ВД.

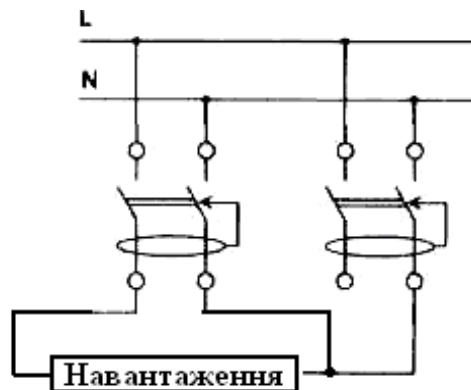


Рисунок 3.8 – З'єднання нульових робочих провідників N різних ВД у зоні їхнього захисту

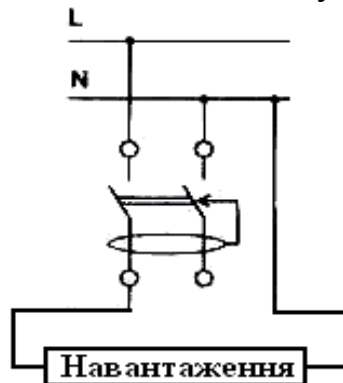


Рисунок 3.9 – Підключення навантаження до нульового робочого провідника N до ВД

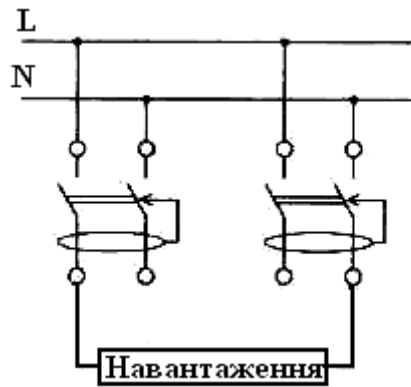


Рисунок 3.10 – Підключення навантаження до нульового робочого провідника N іншого ВД

Розповсюдженою помилкою є підключення навантаження до нульового робочого провідника N іншого ВД (рис. 3.10). У цьому випадку струм навантаження є диференціальним для обох ВД і один з них чи обидва спрацювуть.

Під час монтажу розеток чи розпаювальних коробок електроустановки в зоні захисту ВД, з'єднання нульового робочого провідника N із захисним провідником РЕ приводить до відключення ВД (рис. 3.11).

При підключенні чотирьох полюсних ВД можливе помилкове підключення на його клемми однойменних фаз (рис. 3.12). Це не впливає на роботу однофазних споживачів, але в цьому випадку результати перевірки працездатності ВД за допомогою кнопки «Тест» не будуть достовірними, тому що неспрацювання ВД не означає, що він непрацездатний.

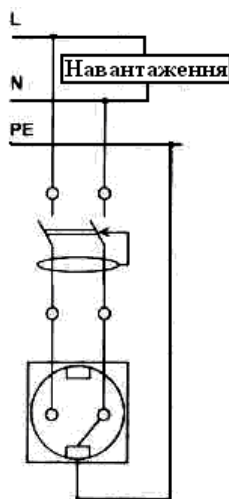


Рисунок 3.11 – З'єднання нульового робочого провідника N із захисним РЕ

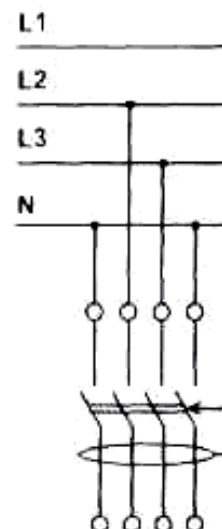


Рисунок 3.12 – Підключення на клемми чотирьох полюсних ВД однойменних фаз

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Які питання розглядають в процесі проектування електроустановок при застосуванні ПЗВ?
2. Наведіть послідовність вибору ПЗВ.
3. Основні рекомендації при виборі місця установки ПЗВ.
4. Особливості застосування ПЗВ в різних системах заземлення.
5. Як обирають тип і параметри ПЗВ.

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 4 **ОСНОВНІ ВІДОМОСТІ ПРО МАСЛЯНІ ВИМИКАЧІ**

4.1 ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ВИМИКАЧІВ

Вимикачем називають електричний апарат, який має два комутаційних положення і призначений для багаторазового вмикання і вимикання електричних кіл.

Вимикач, комутаційні контакти якого замикаються і вимикаються в маслі називають масляним.

Як ознаку для класифікації масляних вимикачів прийнято: метод гасіння дуги і спосіб ізоляції частин, які знаходяться під напругою. Відповідно до цього розрізняють такі види масляних вимикачів:

- масляні малооб'ємні (маломасляні) вимикачі, в яких масло служить тільки як газогенеруючий матеріал. Для ізоляції частин, що знаходяться під напругою, використовують тверді діелектрики;
- масляні багатооб'ємні вимикачі, масло в яких використовують і як матеріал, що газогенерує, і як основний ізоляційний матеріал тих частин вимикача, що знаходяться під напругою.

Вимикачі є основними комутаційними апаратами в електричних установках високої напруги і служать для комутації кіл струму в будь-яких режимах. Найбільш важкою і відповідальною операцією є відключення короткого замикання. У зв'язку з цим до масляних вимикачів ставлять ряд вимог, основними з яких є:

- безвідмовність відключення струмів перевантаження і короткого замикання;
- можливість багаторазового вмикання і вимикання без розрегулювань і пошкоджень окремих вузлів і деталей;
- здатність довгострокового витримування комутаційних і робочих перенапруг;
- спроможність витримування можливих в експлуатації короточасних перенапруг без пошкодження ізоляції;
- спроможність довгострокового пропускання робочого струму без небезпечного нагрівання струмоведучих частин;
- здатність витримування визначених механічних навантажень, які виникають при нормальних режимах роботи;

- придатність до автоматичного повторного включення відразу після відключення;

- зручність для проведення профілактичних робіт і т.п.

В окремих випадках висуваються й інші вимоги, що викликані особливими умовами роботи вимикачів або електроустановок, в яких їх використовують.

Найвищу із стандартних лінійних напруг, при якій гарантується робота головного кола вимикача, називають його номінальною робочою напругою.

Вимикачі мусять надійно працювати при напругах, що перевищують номінальну напругу на 10 – 15%. Найбільша номінальна робоча напруга, на яку розрахована робота головного кола, має назву номінальної напруги вимикача. Величини номінальної і найбільшої робочої напруги в основному визначають довжину, ширину і висоту (тобто габарити) вимикача.

Струм, на який вимикач призначений для тривалої роботи, називають номінальним струмом. При протіканні номінального струму по струмоведучих частинах вимикача їх нагрів не повинен перевищувати розрахункові температури: 75⁰С – для контактів і 90⁰С – для оголених частин, які знаходяться у маслі. У той же час вимикачі повинні мати достатню електродинамічну і термічну стійкість, тобто в увімкненому положенні вони мають витримувати без пошкоджень проходження встановлених для них струмів короткого замикання.

Електродинамічностійким вважають такий вимикач, внутрішні й зовнішні частини якого здатні витримувати встановлені для нього ударні струми короткого замикання без будь-яких порушень, що перешкоджають подальшій роботі вимикача.

Термічно стійким вважають такий вимикач, який здатний витримати проходження через нього струму короткого замикання певних значень та тривалості без пошкодження і без перевищення температури, допустимої в разі короткого замикання.

Найважливішим технічним параметром вимикачів, який характеризує їх вимикальну здатність, є номінальний струм вимкнення.

Номінальним струмом вимкнення називають найбільший струм короткого замикання (діюче значення), який вимикач спроможний вимкнути при напрузі, рівній найбільшій робочій напрузі при заданих умовах відновлення напруги і заданому циклу операцій.

Вимикаючу здатність вимикачів характеризує також номінальна потужність вимкнення, яка залежить від номінального струму вимкнення та робочої напруги мережі:

$$S_{\text{відкл}} = \sqrt{3} U_{\text{роб. макс}} \cdot I_{\text{вимк}}.$$

Справність вимикачів характеризують такі параметри, як власний термін вимикання, швидкість увімкнення і вимкнення, неодноразовість увімкнення контактів різних полюсів і та ін.

Принцип роботи масляних вимикачів засновано на тому, що виникаюча між контактами дуга у процесі вимкнення ставиться в умови тісної взаємодії з маслом – активним дугогасником. Це забезпечує ефективне охолодження дуги в потоці газопарового середовища, яке утворюється самою дугою за рахунок випару і розкладання масла.

Енергія, яка виділяється в дузі масляних вимикачів, витрачається на:

- розкладання і рух масла (близько 28%);
- нагрівання і випар масла (близько 9%);
- розширення і нагрів газів і парів (близько 40%);
- нагрів контактів (близько 7%);
- тепловіддачу (близько 11%);

- механічну деформацію бака (близько 5%). Відносна складність масляних вимикачів і робота у важких умовах вимикання робочих і аварійних струмів пояснюють найбільшу пошкоджуваність цих апаратів. На масляні вимикачі припадає для 50% всіх пошкоджень елементів розподільних пристроїв.

Статистичні дані дозволяють характеризувати розподіл пошкоджень вимикачів в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Розподіл пошкоджень між елементами масляних вимикачів, %

Елементи вимикача	Номінальна напруга, кВ	
	6–10	35
Вводи і зовнішня ізоляція	20	30
Внутрішньобакова ізоляція	5	15
Дугогасні камери і контактна система	25	15
Тягова система і привод	50	40

З цієї таблиці можна зробити висновок, що найбільш слабким місцем у вимикачів до 35 кВ є механічна система вимикача і його електропривод.

У процесі експлуатації ізоляція вимикачів, зазнаючи процесу старіння, погіршує як механічні, так діелектричні властивості.

Оскільки контакти працюють у винятково важких умовах, то характерним для них пошкодженням є обгорання, оплавлення і зварювання.

До несправностей масляних вимикачів відносять також підвищений і знижений рівень масла, то в обох випадках можливий вибух вимикача.

При підвищеному рівні масла і порушенні процесу вимкнення вибух може статись внаслідок перевищення тиску, викликаного тривалим горінням дуги.

При зниженому рівні масла виникаючий при вимкненні пузир газів може прорватися через поверхню масла раніше, ніж масло досягне кришки вимикача. При певному співвідношенні продуктів розкладання масла і повітря може утворитися вибухонебезпечна суміш.

Якісна перевірка й випробування масляних вимикачів разом з їх схемами керування і приводами на етапах монтажу, наладки та експлуатації може забезпечити тривалу й надійну роботу цих складних апаратів.

У високовольтних вакуумних вимикачах комутація (процеси замикання й розмикання електричного кола) відбувається у вакуумних дугогасних камерах. У цих камерах забезпечується глибокий вакуум, що характеризується тиском залишкових газів порядку $10^{-12} - 10^{-4}$ Па.

Принцип дії вакуумних дугогасних камер засновано на гасінні електричної дуги струму відключення у вакуумі. Вакуумний міжконтактний проміжок характеризується високою електричною міцністю (вище ніж у трансформаторного масла) і високої дугогасною здатністю.

У глибокому вакуумі дугогасної камери довжина вільного пробігу молекул і електронів становлять десятки метрів, що в багато разів перевищує відстань між контактами вимикача. Оскільки ударна іонізація у вакуумному міжелектродному проміжку практично відсутня, то вакуумний проміжок не може служити джерелом заряджених часток. На завершальній стадії розмикання в контактних точках при розриві контактів зі струмом відбувається розплавлення й випар матеріалу контактів. У парах металу виникає розряд, що переходить у дугову стадію. Завдяки низькому тиску в камері навколо контактів іде інтенсивна деіонізація дугового розряду й дуга гасне, а частки матеріалу, що випарувався з контактів, осідають на поверхні вакуумної камери.

Швидкість відновлення електричної міцності міжелектродного проміжку у вакуумних вимикачах значно вище, ніж у вимикачів інших типів. А оскільки контакти перебувають у глибокому вакуумі, то вони не окислюються, завдяки чому досягається їхня висока зносостійкість. Практика експлуатації показала, що контакти вакуумних вимикачів можуть працювати без обслуговування протягом усього терміну служби вакуумної камери.

Високовольтні електромагнітні вимикачі відрізняються від масляних і вакуумних тим, що дуга в них горить у повітрі при атмосферному тиску, а її гасіння відбувається в лабиринтно-щілинній дугогасній камері під дією магнітного дуття. Камера складається з ряду керамічних дугостійких пластин, розділених невеликими повітряними проміжками. При розриві контактів дуга, що утворюється, втягується магнітним полем у камеру й витягується до 1-2 м. При цьому її переріз у вузьких вирізах пластин різко зменшується. Зіткнення дуги з «холодними» поверхнями пластин, що мають гарну теплопровідність, приводить до швидкого збільшення її опору, зменшенню струму й загасанню дуги. Таким чином, основною умовою успішного відключення є різке збільшення опору дуги, рух і уздовження якої відбувається під дією магнітного поля, спрямованого перпендикулярно напрямку струму. Напрямок електродинамічної сили можна визначити керуючись правилом «лівої руки».

Вимикачі з електромагнітним гасінням дуги мають наступні переваги: вони пожаро- і вибухобезпечні, не вимагають масла й інших речовин для гасіння дуги, забезпечують низький рівень комутаційних перенапруг, мають незначний знос й обгорання контактів. Відсутність масла забезпечує зручність їх обслуговування, що знижує витрати й трудомісткість при експлуатації, а

досить висока швидкодія дозволяє обмежити струм короткого замикання при відключенні й зменшити тим самим шкідливий термічний вплив струмів к. з. на інші елементи електроустановок. Ці переваги дозволяють застосовувати електромагнітні вимикачі в електроустановках із частими операціями включення й відключення.

Якісна перевірка й випробування високовольтних вимикачів разом з їхніми схемами керування й приводами на етапах монтажу, налагодження й при профілактичному обслуговуванні забезпечує тривалу й надійну їх роботу протягом усього строку служби.

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Який електричний апарат називають вимикачем?
2. Який комутаційний апарат називають масляним?
3. Назвіть вимоги, що ставлять до високовольтних вимикачів?
4. В чому полягає різниця між номінальною и робочою напругою вимикача?
5. В яких випадках вважають, що високовольтний вимикач електродинамічно стійкий?
6. В яких випадках вважають, що високовольтний вимикач термостійкий?

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 5 **КОНТРОЛЬ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ МАСЛЯНИХ ВИМИКАЧІВ**

5.1 ЗОВНІШНІЙ ОГЛЯД

Профілактичне обслуговування масляних вимикачів виконують при повністю знятій напрузі одночасно з обслуговуванням розподільчого пристрою. Найважливішим елементом обслуговування незалежно від типу вимикача є зовнішній огляд, при якому перевіряють рівень масла в баках і його колір, наявність або відсутність слідів течі або викидів масла. Особливу увагу при цьому звертають на:

- відсутність слідів масла на пробці для спуску масла і на маслопоказнику;
- стан вводів, зокрема, на цілість і чистоту поверхні фарфорових ізоляторів ;
- відсутність слідів кіптяви і бризків металу на шинах, фланцях та інших частинах вимикача;
- відповідність показників положення вимикача його дійсному положенню в момент огляду;
- стан проводки кіл вторинної комутації, справність клемних збірок, відсутність зовнішніх пошкоджень кабелів і проводів;
- стан заземлюючої проводки;

— стан контактних з'єднань, при цьому переконуються у відсутності ознак надмірного нагрівання шин (наприклад, за кольором мінливості або спучуванню лакофарбового покриття);

— стан буферів вимикача. У масляних буферах перевіряють наявність необхідного об'єму масла.

При наявності дефектів вживають заходи до їх усунення. У випадку виявлення механічних пошкоджень ізоляції або перегріву полюсів вимикач підлягає повному розбиранню із заміною дефектних деталей.

5.2 ПЕРЕВІРКА СТАНУ ІЗОЛЯЦІЇ

Одним з найважливіших показників вимикачів, що вказують на їх справність, є опір ізоляції. Вимір опору проводять мегаомметром з номінальною напругою 2500 В. При цьому опір ізоляції вимикачів до 10 кВ має бути не менше 1000 МОм, а для вимикачів 35 кВ – не менше за 3000 МОм.

Вимірювання опору бакових вимикачів виконують при увімкненому положенні апарата і заповнених маслом баках. У випадку, коли результати виміру виявляться менше норми, подальші виміри проводять з опущеним баком.

Для вимикачів інших конструкцій вимір здійснюють для кожного полюса відносно заземленої конструкції при увімкненому і вимкненому положенні вимикача. При вимірах обидва виводи одного полюса замикають накоротко.

Опір визначають за результатами двох вимірів. При першому вимірі, коли масляний вимикач увімкнений, для струмів сливу є дві паралельні гілки опору (рис. 5.1,а): перша гілка – трансформаторне масло і виводи, друга – рухома система апарата. При вимкненому положенні вимикача (рис. 5.1,б) є тільки одна гілка: трансформаторне масло і виводи.

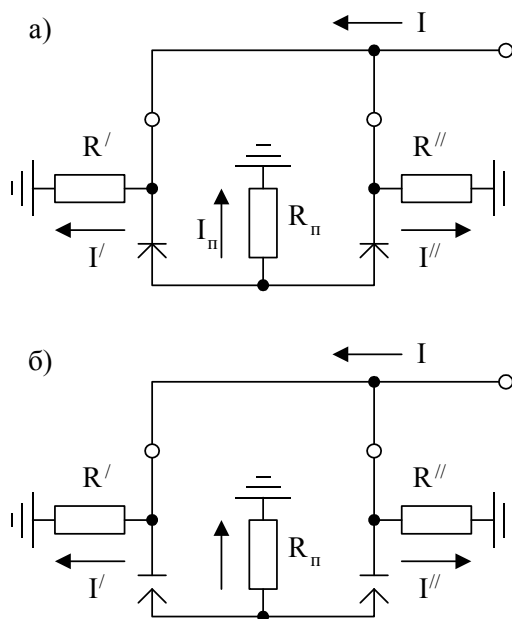


Рисунок 5.1 – Схема заміщення ізоляції масляних вимикачів

Отже, опір ізоляції рухомої системи визначається як

$$R_{из} = \frac{R_{вим} \cdot R_{уг}}{R_{вим} + R_{уг}},$$

де $R_{уг}$ – опір ізоляції, виміряний при увімкненому положенні вимикача;

$R_{вим}$ – опір ізоляції, виміряний при вимкненому положенні.

У масляних вимикачів типу ВМ-35 рекомендується також проводити вимір опору ізоляції фібрових прокладок дугогасних камер. Вимірювання виконують між кожною парою пластин. Величина опору має бути не нижче 3–5 кОм. При зниженому опорі прокладки підлягають сушінню.

Якщо величина опору ізоляції нижче норми, треба піддати ретельному огляду штанги і траверси, які виготовлені з органічних матеріалів, на відсутність пошкоджень ізоляції, у тому числі здутин, тріщин, шорсткостей і т.п.

Вимір опору ізоляції вводів проводять між струмоведучим стержнем і чавунним фланцем вводу після ретельного очищення поверхні ізоляторів. Величина опору має бути не менше 1000 МОм.

У вводів з паперово-масляною, паперово-бакелітовою ізоляцією здійснюють також вимірювання кута діелектричних втрат. Цей вимір проводять у вимкненому положенні вимикача за перевернутою схемою. При вимірах слід враховувати, що на їх результати може істотно впливати стан внутрішньобакової ізоляції, тобто тих елементів вимикача, ємність яких включена паралельно ємності вводу, що вимірюють.

Залежність виміряної величини діелектричних втрат від стану ізоляції визначають за формулою:

$$\operatorname{tg} \delta = \frac{\operatorname{tg} \delta_{\epsilon} \cdot C_{\epsilon} + \operatorname{tg} \delta_{\bar{\epsilon}} \cdot C_{\bar{\epsilon}}}{C_{\epsilon} + C_{\bar{\epsilon}}},$$

де $\operatorname{tg} \delta_{\epsilon}$ і $\operatorname{tg} \delta_{\bar{\epsilon}}$ – відповідно діелектричні втрати вводу та елементів внутрішньобакової ізоляції;

C_{ϵ} і $C_{\bar{\epsilon}}$ – відповідно ємності вводу й елементів внутрішньобакової ізоляції.

Очевидно, чим гірше стан внутрішньобакової ізоляції, тим більше вона впливає на кінцеві результати виміру. Основними причинами, що викликають підвищення $\operatorname{tg} \delta$, є зволоження ізоляції дугогасильних пристроїв, обшивки баків та бар'єрів, забруднення поверхні вводів, що знаходяться в баку, погана якість трансформаторного масла і та ін. Ці причини можуть підвищити величину тангенса кута діелектричних втрат у 2 – 4 рази.

При одержанні завищених значень $\operatorname{tg} \delta$ повторюють випробування при злитому з вимикача маслі, очищених вводах і екранах дугогасних камер.

Якщо діелектричні втрати всього вимикача на 4 – 5% більше, ніж діелектричні втрати вводів, то необхідно взяти пробу масла і визначити втрати в ньому.

У випадку, коли $tg\delta$ масла вище норми, масло зливають, а внутрішньобакову ізоляцію піддають сушінню. Після сушіння заливають нове сухе масло.

При задовільному значенні $tg\delta$ масла слід провести ретельне очищення внутрішньої ізоляції і знову виміряти $tg\delta$ по ділянках. Це дає змогу з'ясувати, які з частин ізоляції вимикача дають збільшення діелектричних втрат. При необхідності проводять заміну деталей або їх сушіння.

Результати вимірювання $tg\delta$ вводів порівнюють із заводськими даними. При температурі від 10 до 30⁰С вони не повинні перевищувати значень, наведених у таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Величина тангенса кута діелектричних втрат вводів масляних вимикачів при температурі +20⁰С

Найменування виду ізоляції	Значення $tg\delta$, %	
	3 - 10кВ	35кВ
Маслонаповнені вводи з маслобар'єрною ізоляцією	—	3
<i>Мастиконаповнені вводи</i>	3	2,5
<i>Вводи з бакелітовою ізоляцією</i>	3	2,5

Якщо при вимірах діелектричні втрати перевищують значення, наведені в таблиці, то ввід бракують.

Ізоляцію масляних вимикачів до 35 кВ включно випробують підвищеною напругою. Випробування проводять відносно корпусу за схемами, наведеними на рисунку 5.2. Величини випробувальної напруги подані в таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 – Напруга частотою 50 Гц для випробування масляних вимикачів

Клас напруги, кВ	Фарфорова ізоляція	Інші види ізоляції
3	25	22,5
6	32	28,8
10	42	37,8
35	100	90,0

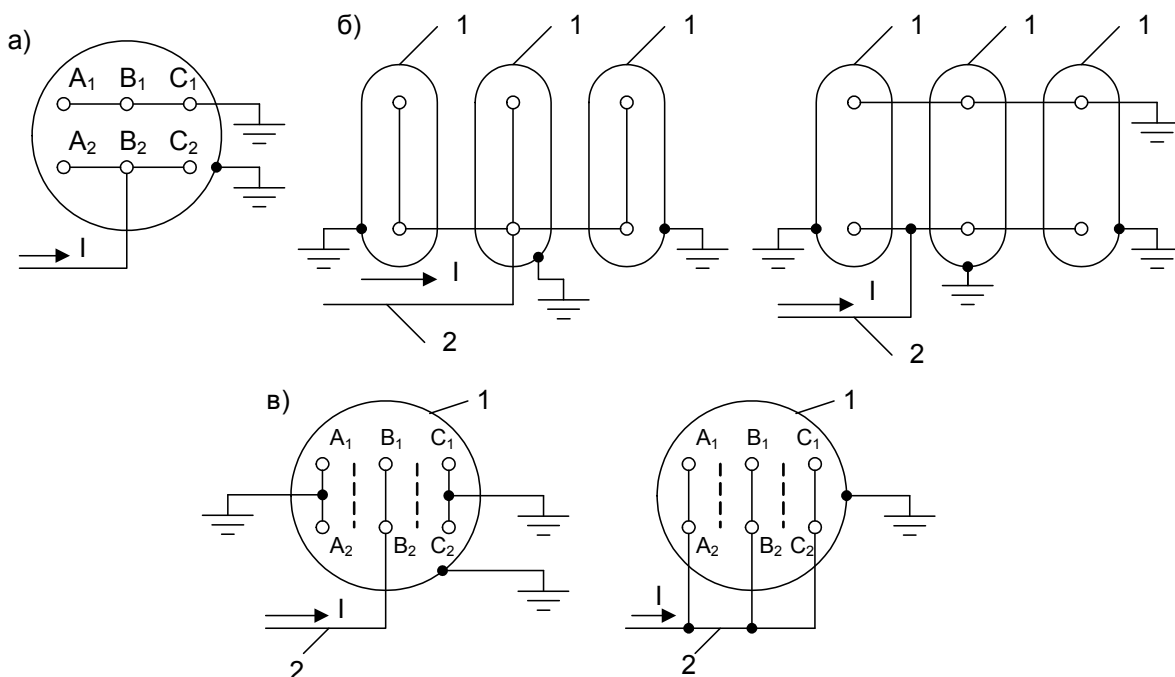


Рисунок 5.2 – Схеми випробування ізоляції масляних вимикачів

У маломасляних вимикачах 6 – 10 кВ випробуванню піддають також ізоляцію контактної розриву. Тривалість випробування в усіх випадках - одна хвилина.

Ефективним методом контролю ізоляції масляних вимикачів є вимір струму спливу на високій напрузі. Вимір проводять при вимкненому положенні вимикача й опущеному баку або злитому маслі. Джерело постійної підвищеної напруги підключають до контактної частини тяги. Вимір струму спливу вимикачів до 10 кВ проводять при напрузі 20 кВ, а у вимикачів 35 кВ - при напрузі 40 кВ. Струм вимірюють через 1 хв. після досягнення напругою встановленої величини.

При оцінці стану ізоляції рекомендується брати до уваги не тільки величину струму, але і її абсорбційний спад. При добрій якості ізоляції контрольований струм, швидко зменшуючись, досягає сталого значення струму витіку. Якщо ж при досягненні випробувальної напруги струм не зменшується, а навіть зростає, то це вказує на пошкодження ізоляції. У цьому випадку дефектне місце пропалюють до пробою з наступною заміною пошкодженої тяги.

При зібраному й залитому трансформаторним маслом вимикачі вимірювання струму спливу проводять при увімкненому і вимкненому положеннях вимикача, при цьому напругу подають на обидва вводи кожного з полюсів. Струм спливу визначають як різницю вимірів при увімкненому і вимкненому положеннях вимикача.

Оскільки якість трансформаторного масла істотно впливає на загальні характеристики ізоляції бакових вимикачів, то масло, яке в них заливають, має відповідати всім показникам повного аналізу. Масло в малооб'ємних вимикачах можна перевіряти за програмою випробування його електричної міцності.

Перед включенням бакових вимикачів у роботу беруть пробу масла з бака і випробують за програмою скороченого аналізу. У випадку невідповідності отриманих показників нормативним масло замінюють на нове.

5.3 ВИМІР ОПОРУ СТРУМОВЕДУЧОГО КОНТУРУ

Опір струмовеДУчого контуру будь-якого масляного вимикача залежить від конструкції контакту, величини струму, на який розрахований вимикач, стану поверхні контактів, сили тиску і та ін. Таким чином, якість регулювання і стан струмовеДУчого контуру кожного з полюсів вимикача можна контролювати вимірюванням опору постійному струму.

Вимір здійснюють пропусканням через полюс струму певної величини і виміром падіння напруги на ньому. До початку виміру треба декілька разів провести операцію вмикання і відключення вимикача для самоочищення контактуючих поверхонь.

У бакових вимикачах вимір проводять при опущеному баку або злитому маслі. Ці умови викликані необхідністю виключення впливу масла на результати вимірів. В інших типів вимикачів вимір опору здійснюють при залитому маслі.

У зв'язку з тим, що опір струмовеДУчого контуру вимикача не перевищує 2000 мкОм, його вимірюють за допомогою подвійних мостів типу Р-316, мікроомметрів типу М-246 або методом амперметра-вольтметра.

При вимірюванні вимикач переводять в увімкнутий стан і одним із зазначених методом вимірюють опір кожної контактної системи полюсів. Результати вимірів не повинні перевищувати максимально допустимих величин опору контактів конкретного типу вимикача. Граничні значення опору контактів вимикачів постійному струму наведені в табл.5.3.

Якщо опір струмовеДУчого контуру перебільшує величину, зазначену в таблиці, то необхідно з'ясувати причину його підвищення. З цією метою перевіряють струмовеДУчий контур поелементно. Після визначення дефектного елемента і його відновлення здійснюють повторний вимір опору всього струмовеДУчого контуру.

Таблиця 5.3 – Граничні значення опору контактів масляних вимикачів постійного струму

Тип вимикача	Номінальна напруга, У	Номінальний струм, А	Граничні опори, МкОм
ВМП-10	10	600	55
ВМП-10	10	1000	40
ВМП-10	10	1500	30
ВПМ-10, ВМГ-10	6-10	400-600	100
ВПМ-10	10	1000	75
ВМ-35	35	600	550
МКП-35	35	600-1000	300

Для вимикачів типу ВМГ-133, ВМП-10 поряд з визначенням опору струмовеДУчого контуру вимикача рекомендується контролювати стан контактів вимірюванням величини зусилля висмикування рухомого контакту

з розеточного. Відповідно до технічних умов заводів-виготовників зусилля висмикування має бути в межах від 10 до 15 кг. Вимір проводять пружинним динамометром при від'єднанні від рухомого контакту тяги.

5.4 КОНТРОЛЬ ХОДУ РУХОМИХ ЧАСТИН

Тягова система вимикача вимагає ретельного регулювання, оскільки як самовільне вимкнення, так і відмова в увімкненні призводять до порушення нормальної роботи електроустановки.

У процесі регулювання при наладці й профілактичному обслуговуванні проводять вимір параметрів, зв'язаних з ходом рухомих частин, до яких у першу чергу слід віднести вільний хід рухомого контакту, втиск та неодночасність увімкнення.

Вільним ходом вимикача називається відстань, яку проходить рухомий контакт при увімкненні від положення «Вимкнено» до моменту його торкання до нерухомого контакту.

«Втиск» являє собою відстань, яку проходить рухомий контакт від моменту його торкання до нерухомого контакту до положення «Увімкнено» (тобто хід у контактах). Значення повного ходу рухомих контактів (траверси) являє собою суму двох величин: вільного ходу контактів і втиску. Таким чином, повний хід це відстань, на яку переміщується рухомий контакт між своїми крайніми положеннями, які відповідають увімкненому та вимкненому положенням вимикача.

Визначення вільного ходу здійснюють таким способом. У бакових вимикачах перед виміром бак опускають і вимикач переводять у вимкнений стан. Металевою лінійкою вимірюють відстань між рухомими і нерухомими контактами. Ця величина (хід контактної траверси) і визначає вільний хід контактів.

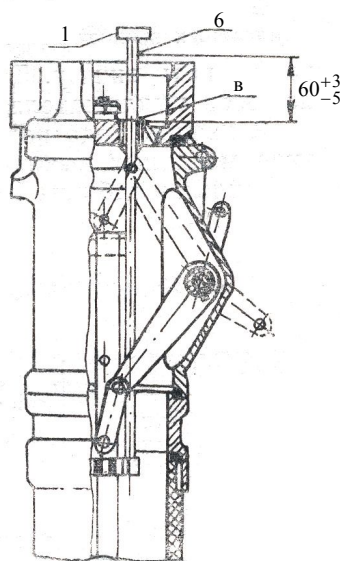


Рисунок 5.3 – Вимірювання ходу рухомих частин масляних вимикачів типу ВМП-10

У вимикачах типу ВМП-10 для перевірки ходу рухомих частин знімають верхню кришку полюса і в отвір вводять контрольний стержень 1 діаметром 6 і довжиною 400 мм (рис. 5.3). На кінці стержня і в торці рухомого контакту є різьба, за допомогою якої стержень закріплюють на рухомому контакті. У увімкненому й вимкненому положеннях на стержні роблять позначки, відстань між якими визначає повний хід рухомих частин.

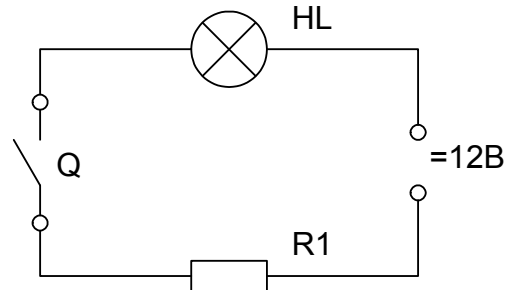


Рисунок 5.4 – Схема контролю замикання контактів масляних вимикачів

Хід у контактах (втиск) визначають таким способом. Контакти вимикача вмикають у схему живлення контрольної лампи (рис. 5.4). Потім повільно вручну вмикають вимикач. У момент загоряння лампи на стержні наносять першу позначку. Потім вимикач доводять до положення «Увімкнено» і на стержні наносять другу позначку, яка відповідає новому положенню вимикача. Виміряна лінійкою відстань між цими позначками відповідає параметру втиску. Такі виміри проводять на всіх трьох полюсах вимикача.

Величини ходу рухомих частин нормовані і мають знаходитися в межах, вказаних у таблиці 5.4.

Таблиця 5.4 – Нормовані величини ходу рухомих частин масляних вимикачів

Тип вимикача	Вільний хід (хід траверси), мм	Хід у контактах (втиск), мм	Кут повороту вала, град.	Допустима різночасність замикання контактів, мм
ВМП-10К	245-5	59±4	15-89	5
ВМП-10	245-5	56±4	15-89	5
ВІМ-10	250±5	40±5	54	3
ВМП-10П	242±2	60 ⁺³ ₋₅	15-82	5
МГ-35	205±5	10±1	67	-
ВМ-35	235±2	12±2	85	4
МКП-35	280±10	16±1	63	4

Необхідність одночасного вимкнення струмів навантаження і короткого замикання у всіх трьох полюсах вимагає регулювання одночасності спрацьовування контактів. Для виміру одночасності замикання в маломасляних вмикачах збирають схему, показану на рисунку 5.5.

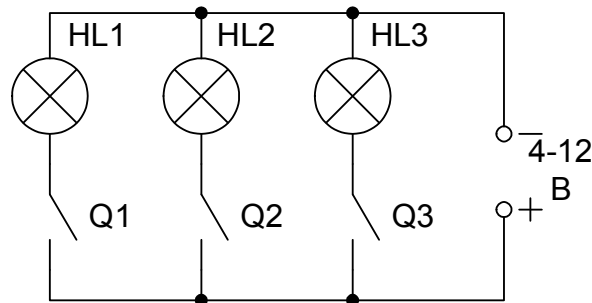


Рисунок 5.5 – Схема вимірювання неодноразності замкнення контактів

Полюс батарейки підключають до нижніх виводів вимикача, а мінус – через лампочки до його рухомих контактів. При увімкненні вимикача вручну при загорянні першої й останньої лампочки наносять позначки на вимірювальному стержні. Відстань між позначками і визначає різночасність включення, яка не повинна перевищувати нормовані значення, наведені в таблиці 5.6.

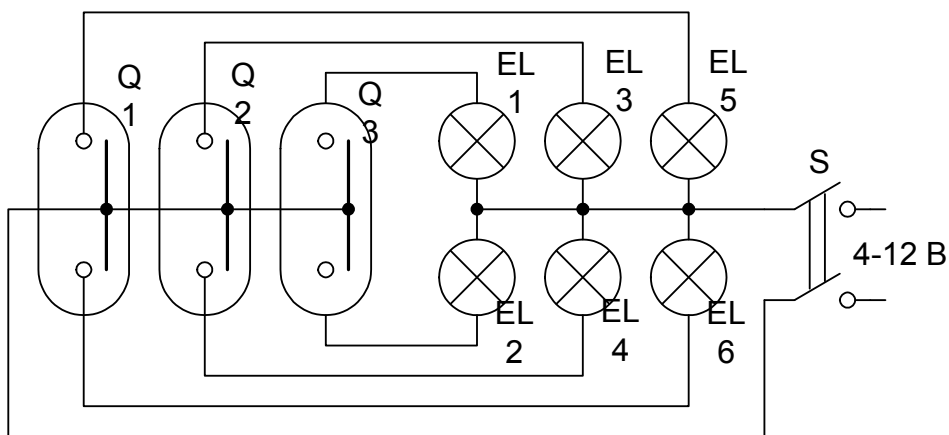


Рисунок 5.6 – Схема вимірювання неодноразності замикання контактів у бакових вимикачах

У бакових вимикачів перевіряють одночасність замикання в кожному полюсі і між полюсами. Перевірку проводять за допомогою схеми, поданої на рисунку 6. Одночасність торкання рухомих контактів з нерухомими і різночасність замикання між різними полюсами перевіряють по загорянні лампочок. У момент загоряння першої лампочки на штанзі траверси роблять першу позначку. При подальшому увімкненні вимикача вручну до загоряння

останньої лампочки наносять на штанзі другу позначку. Різномасштабність замикання контактів визначають за відстанню між позначками.

Величину одночасності замикання контактів порівнюють з даними, поданими в таблиці 5.4.

5.5 ПЕРЕВІРКА ШВИДКІСНИХ ХАРАКТЕРИСТИК

Найбільш повну оцінку якості регулювання масляних вимикачів разом з приводним механізмом дає вимірювання терміну й швидкості увімкнення та вимкнення і зіставлення результатів виміру з паспортними даними. Особливо важливим є дотримання встановленої швидкості в момент замикання контактів при увімкненні й у момент вимкнення та виходу контактів з дугогасильної камери.

Термін увімкнення вимикача являє собою інтервал часу від моменту подачі команди на увімкнення до моменту виникнення здатних умов для проходження струму в його головному колі. Власний термін вимкнення – це інтервал часу від моменту подачі команди на вимикання до моменту розмикання контактів. Часові характеристики крім оцінки якості регулювальних робіт дають можливість оцінити роботу вимикача в схемі автоматичного повторного увімкнення, при швидкодіючих релейних захистах і та ін.

Вимір терміну увімкнення і вимкнення проводять за допомогою електричного секундоміра типу ПВ-53Л за схемами, поданими на рисунку 5.7. При номінальній напрузі в колі оперативного струму середньоарифметичне значення інтервалу часу при триразовому вимірі не повинно відрізнятися від наведеного в таблиці 6 більше ніж на 10%.

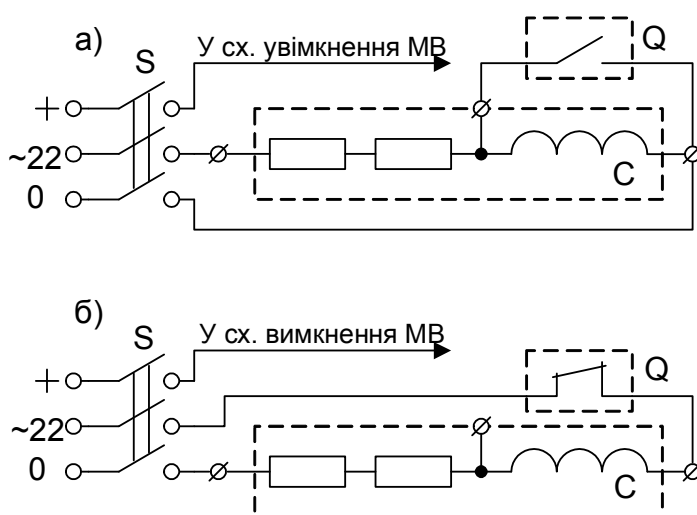


Рисунок 5.7 – Схеми вимірювання часу увімкнення (а) і вимкнення (б) вимикача

Таблиця 5.5 – Часові характеристики масляних вимикачів

Тип вимикача	Тип привода	Інтервал часу від подачі імпульсу до	
		замикання контактів, с	розмикання контактів, с
ВМП-10, ВМП-10 К	ПЕ-11	0,30	0,10
ВІМ-10	ПС-10	0,20	0,11
МГ-35	ПС-20	0,23	0,06
ВМ-35	ПС-10	0,18	0,06
МКП-35	ПС-30	0,40	0,05
ВМП-10	-	0,20	0,10

Швидкість вимірюють за допомогою вібраційного відмітника часу – вібрографа (рис. 5.8). Віброграф складається з електромагніта 1, 2, який живлять змінною напругою частотою 50 Гц, легкого пружинного якоря 5, на кінці якого закріплений тримач для графітового стержня 6.

Принцип дії вібрографа полягає в тому, що пишучий елемент (грифель), з'єднаний з якорем електромагніта, коливається з частотою 100 Гц (тобто з подвоєною частотою напруги живлення котушки електромагніта). Віброграф закріплюють на вимикачі таким чином, щоб графітове осердя робило коливання в напрямку, перпендикулярному до руху траверси (рухомих контактів) вимикача. Проти графітового стержня на траверсі закріплюють лінійку з розташованою на ній паперовою стрічкою.

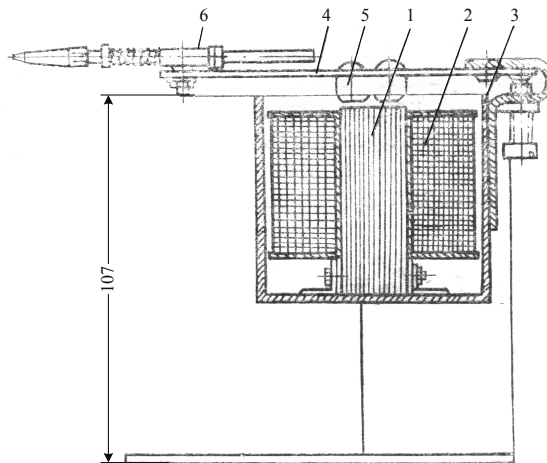


Рисунок 5.8 – Віброграф:

1 – осеред; 2 – обмотка; 3 – корпус; 4 – тримач; 5 – якор; 6 – грифель

При русі траверси під час увімкнення або вимкнення вимикача вібратор креслить на папері хвилеподібну криву, яку називають віброграмою. Приклад віброграми вимикача типу ВМП-10 з розшифровкою поданий на рисунку 5.9.

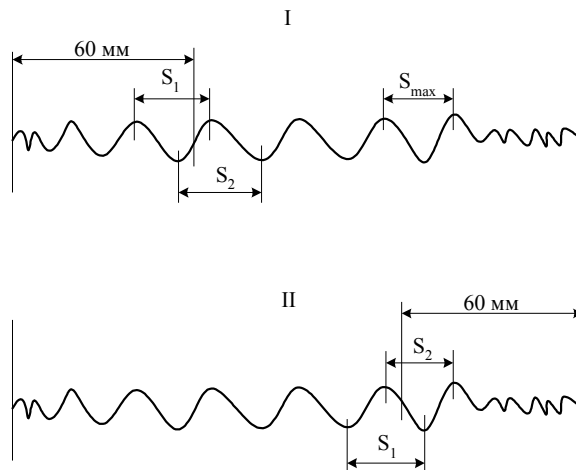


Рисунок 5.9 – Віброграма

Очевидно, що період накресленої кривої залежить від швидкості руху контактів: чим вище швидкість, тим більше довжина періоду на віброграмі.

Обробляючи віброграму, можна визначити:

- хід контактів, що дорівнює довжині віброграми;
- час руху контактів, за числом періодів віброграми, помноженим на час одного періоду 0,01 с;
- середню швидкість руху контактів на визначеній ділянці руху, яку підраховують за формулою

$$V_{cp} = \frac{l}{t \cdot 1000} \text{ м/с} ,$$

де l – шлях, який проходять контакти при увімкненні або вимкненні (обрана ділянка на віброграмі), мм;

t – час проходження цього шляху рухомим контактом.

Слід враховувати, що оскільки віброграф починає креслити віброграму тільки після початку руху траверси, то час від подачі імпульсу на увімкнення (або вимкнення) вимикача до початку руху контактів при цьому вимірі не фіксується.

При контролі швидкості руху контактів вимикача найчастіше цікавляться швидкістю в момент замикання або розмикання його контактів. Для цього, як показано на рисунку 5.9, на відстані, яка відповідає ходу в контактах (для ВМП-10 хід у контактах дорівнює 60_{+3}^{-5} мм), наносять точку. Потім вимірюють довжину періоду l_1 і l_2 таким чином, щоб точка моменту розмикання (замикання) на віброграмі знаходилася в межах l_1 і l_2 . Середнє значення швидкості в цьому випадку визначають за формулою

$$V_{cp} = \frac{l_1 + l_2}{20} \text{ м/с} ,$$

де l_1 і l_2 – довжини відповідних періодів віброграми, мм.

Аналогічно можна знайти швидкість контактів на будь-якій ділянці руху. За отриманими середніми швидкостями на кожній ділянці можна побудувати криву зміни швидкості контактів за їх ходом. Зразки кривих швидкості контактів масляного вимикача при увімкненні 1 і вимкненні 2 наведені на рисунку 5.10.

Визначення швидкості контактів проводять при заповнених маслом баках і температурі навколишнього повітря не менше $+10^0$ С. При нижчій температурі збільшення в'язкості масла може позначитися на результатах виміру. Виміряні значення швидкості не повинні відрізнятися від значень, наведених у таблиці 5.6 більше ніж на $\pm 10\%$.

Збільшення або зменшення часу увімкнення або вимкнення свідчить про ослаблення чи перетяжку пружин, про заїдання або перекосах в приводі і вимагає перерегулювання вимикача.

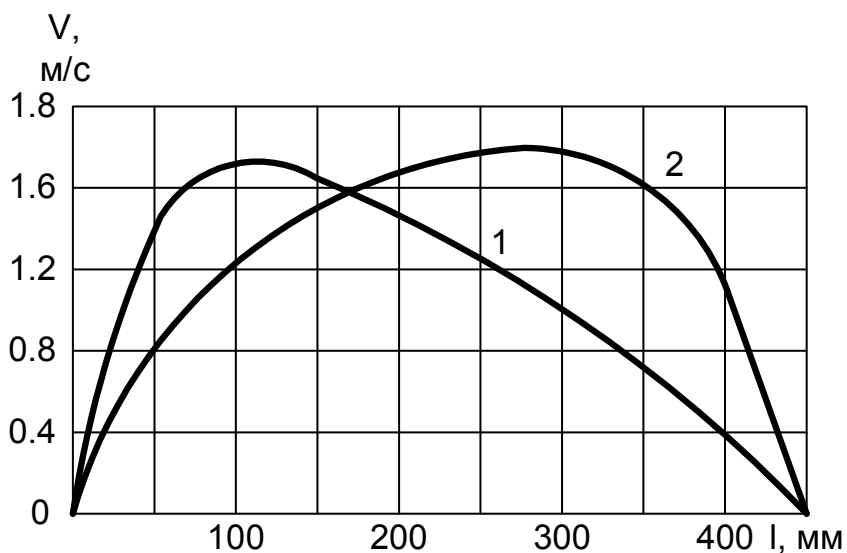


Рисунок 5.10 – Швидкісні характеристики масляного вимикача:
1– при увімкненні, 2 – при вимкненні

Зниження швидкості проти встановленої викликає збільшення часу горіння дуги при вимкненні короткого замикання, що може призвести до оплавлення контактів і бурхливого виділення вибухонебезпечних газів (продуктів розкладу масла). Перевищення швидкості увімкнення веде до відкидання контактів, у результаті чого вони можуть не тільки обгорати, але і приварюватися. Особливо небезпечне відкидання контактів при увімкненні вимикача на існуюче коротке замикання, при якому контактна система працює в особливо важких умовах.

Таблиця 5.6 – Швидкісні характеристики масляних вимикачів

Тип вимикача	Тип привода	Швидкість руху, м/с			
		при увімкненні		при вимкненні	
		найбільша	в момент замикання	найбільша	в момент вимикання
ВМП-10	ПЕ-11	4,1	3,1-4,1	5,0	3,0-3,8
ВМП-10К	ПЕ-11	4,1	3,1-4,1	5,0	3,0-3,8
ВМП-10П	-	5,5	4,2-5,0	5,0	3,3-3,9
ВПМ-10	ПС-10	2,8	2,8	3,0	2,0
ВМ-35	ПС-10	1,7	-	2,45	1,0
МГ-35	ПС-20	2,5	1,96	2,7	2,06
МКП-35	ПС-30	2-2,5	1,5-2,1	2,9-3,5	1,7-2,3

Причиною зменшення швидкості руху контактів може бути заїдання та підвищене тертя в приводному механізмі і деталях вимикача при несправностях або поганому його регулюванні, при несправному стані відключаючої пружини і та ін.

У лабораторній практиці для вимірювання швидкості увімкнення і вимкнення використовують більш досконалий, але й більш складний метод – осцилографування за допомогою магнітоелектричних осцилографів. Як датчики застосовують різні пристрої, зокрема резисторні й дискретні перетворювачі.

У резисторному перетворювачі повзунок реохорда зв'язують з рухомими частинами вимикача. Переміщення повзунка викликає зміну напруги на шлейфі осцилографа. Підбором значень опору реохорда і додаткових опорів домагаються лінійної залежності між значенням струму, який обтікає шлейф, і опором, який проходять рухомі частини вимикача.

Датчик дискретного перетворювача складається з текстолітової планки із запресованими на певній відстані контактними пластинами і повзунка, зв'язаного з рухомими частинами вимикача. До пластин припаяні резистори, які живляться від джерела постійного струму. При увімкненні датчика в коло шлейфа осцилографа на плівці одержують запис у вигляді ступінчастої кривої. Обробку запису виконують за допомогою відмітника часу осцилографа аналогічно обробці віброграми.

5.6 ПЕРЕВІРКА ФУНКЦІОНУВАННЯ

Ця перевірка є обов'язковою для вимикачів усіх типів. Випробування вимикача проводять разом з приводом у всіх можливих режимах і циклах роботи, передбачених схемою електроустановки.

Випробування здійснюють при напрузі оперативного струму на затискачах привода, рівній при увімкненні 100 і 80% номінального значення, а при вимкненні – 100 і 65% від її номінального значення. Складні цикли роботи вимикача, наприклад, при АПВ, проводять при 100 і 80% номінального

значення напруги оперативного струму. Число операцій для кожного режиму випробування приймають рівним п'яти.

При перевірці не повинно спостерігатися ослаблення елементів кріплення. Вимикач мусить легко і без затримок з будь-якого проміжного стану переходити в стан «Вимкнено».

При задовільних результатах перевіряють надійність роботи блокувань від «стрибання» подачою команди на увімкнення при попередньо поданій команді на вимкнення від пристроїв релейного захисту.

На закінчення перевірки проводять контроль функціонування вимикача відповідно до алгоритму його дії в конкретній електроустановці. При цьому звертають увагу на чіткість роботи місцевої і дистанційної сигналізації, усіх кіл керування та захисту, зв'язаних зі схемою керування вимикачем.

5.7 ВКАЗІВКИ ПО ЗАХОДАМ БЕЗПЕКИ

Всі роботи з випробування вимикачів проводять відповідно до представленої нижче методики.

Персонал, який допускають до випробувань, повинен знати:

- * вимоги «Правил техніки безпеки при експлуатації електроустановок споживачів», пройти навчання безпечним методами роботи й перевірку знань у кваліфікаційній комісії;

- * будову вимикачів, що випробують, і їхніх приводів;

- * програму й методику випробувань вимикачів;

- * правила використання випробувального устаткування й приладів, що застосовують при випробуваннях.

Випробування проводять бригадою у складі не менш двох осіб, з яких виконавець робіт повинен мати групу по електробезпеці не нижче IV, а інші - не нижче III в установках напругою до й вище 1000 В.

Особи, допущені до проведення випробувань вимикачів, повинні мати відповідну відмітку про це в посвідченні.

Випробування вимикачів проводять тільки після попередньої підготовки робочого місця при знятій з них напруги. При цьому необхідно:

- 1) провести необхідні відключення й вжити заходів, що перешкоджають подачі напруги на місце роботи внаслідок помилкового або мимовільного включення комутаційних апаратів;

- 2) вивісити заборонні плакати на приводи ручного й ключі дистанційного керування;

- 3) перевірити відсутність напруги на струмоведучих частинах, які підлягають заземленню для захисту людей від поразки електричним струмом;

- 4) накласти заземлення (включенням заземлюючих ножів або встановленням переносних заземлень);

- 5) відгородити (при необхідності) робоче місце або струмоведучі частини, що залишилися під напругою, і вивісити на огородженнях плакати безпеки.

З кожної сторони, звідки комутаційним апаратом може бути подана напруга на робоче місце, слід забезпечити видимий розрив, що утворюють від'єднанням або зняттям шин і проводів, а також відключенням роз'єднувачів, віддільників, вимикачів навантаження.

Після відключення роз'єднувачів (віддільників) або вимикачів навантаження з ручним керуванням необхідно візуально переконатися в тім, що вони відключені й відсутні шунтувальні перемички.

Для запобігання помилкового або мимовільного включення комутаційних апаратів, якими може бути подана напруга до місця роботи необхідно:

- * ручні приводи роз'єднувачів, віддільників, вимикачів навантаження у відключеному положенні замкнути на механічні замки;

- * у приводів перерахованих комутаційних апаратів, що мають дистанційне керування, відключити силові кола й кола керування;

- * у вантажних і пружинних приводів вантаж або пружини увімкнення, привести в неробоче положення.

На приводах роз'єднувачів, віддільників і вимикачів навантаження, при увімкненні яких може бути подана напруга на робоче місце, повинні бути вивішені плакати «НЕ ВКЛЮЧАТИ. ПРАЦЮЮТЬ ЛЮДИ».

На підготовленому робочому місці після накладення заземлення й огороження робочого місця має бути вивішений плакат «ПРАЦЮВАТИ ТУТ».

Перевірку відсутності напруги проводять покажчиком напруги, справність якого перевіряють перед застосуванням за допомогою призначених для цієї мети спеціальних приладів або наближенням покажчика до струмоведучих частин, що знаходяться під напругою.

Користуватися покажчиком напруги слід тільки в діелектричних рукавичках.

Установку заземлень на струмоведучі частини проводять безпосередньо після перевірки відсутності напруги в місцях, зачищених від фарби, заземлюючи струмоведучі частини всіх фаз відключеної для робіт ділянки з усіх боків, звідки може бути подана напруга

При використанні переносних заземлень їх спочатку приєднують до заземлюючого пристрою, а потім, після перевірки відсутності напруги, установлюють на струмоведучі частини. Знімають переносні заземлення у зворотній послідовності.

Установку й зняття переносних заземлень виконують у діелектричних рукавичках із застосуванням ізолюючої штанги.

Заземлені струмоведучі частини мають бути відділені від струмоведучих частин, що перебувають під напругою, видимим розривом.

При включенні й відключенні електромагнітних вимикачів вручну й дистанційно обслуговуючий персонал повинен дотримувати заходів безпеки й перебувати на безпечній відстані від місця руху контактів, оскільки контакти, що рухаються з великою швидкістю, являють собою небезпеку.

При проведенні регулювань включеного електромагнітного вимикача його привод має бути замкнений запобіжним гвинтом щоб уникнути спрацьовування вимикача при випадковому натисканні рукоятки важеля

ручного відключення.

Закочувати візок з електромагнітним вимикачем у шафу КРУ без захисного кожуха не допускається, оскільки у цьому випадку обслуговуючий персонал не буде захищений від випадкового дотику до струмоведучих частин, що перебувають під напругою.

При ручному увімкненні електромагнітного вимикача його вимикання допускається проводити тільки при вийнятому важелі увімкнення.

Проникати у відсіки шафи КРУ, не відділених суцільною металевною перегородкою від шин КРУ, без зняття напруги із шин і їхнього заземлення забороняється.

При необхідності проведення робіт у відсіку шафи КРУ візок з вимикачем має бути викоченим, шторки відсіку, у якому струмоведучі частини залишилися під напругою, - замкнені на замок і вивішений плакат «СТІЙ. НАПРУГА». У відсіку має бути вивішений плакат «ПРАЦЮВАТИ ТУТ».

При роботі з мегаомметром доторкатися до струмоведучих частин вимикача, до яких приєднаний мегаомметр, забороняється. Після кожного виміру необхідно зняти залишковий заряд з елемента вимикача, що перевіряють, за допомогою короткочасного заземлення.

Проведення вимірів мегаомметром під час грози або при її наближенні забороняється.

При збиранні кола для випробування ізоляції вимикача з подачею підвищеної напруги від стороннього джерела струму, насамперед, виконують захисне й робоче заземлення випробувальної установки й заземлення вимикача. Перед приєднанням випробувальної установки до мережі 380/220 В на вивід високої напруги установки накладають заземлення. Переріз мідного проводу, за допомогою якого заземлюють вивід, повинен бути не менш 4 мм².

Збирання кола випробування ізоляції вимикача виконує персонал бригади, що проводить випробування.

Виконавець робіт перед випробуванням зобов'язаний перевірити правильність збирання кола й надійність робочих і захисних заземлень.

Знімати встановлені в електроустановках заземлення, що перешкоджають проведенню випробувань, і встановлювати їх знову можна тільки за вказівкою особи, що керує випробуванням.

Місце випробування підвищеною напругою, а також з'єднувальні проводи, які при випробуванні перебувають під випробувальною напругою, огорожують. Огородження (щити, бар'єри, канати із плакатами «ВИПРОБУВАННЯ. НЕБЕЗПЕЧНО ДЛЯ ЖИТТЯ» або світловими табло з таким же написом) виконує персонал бригади, що проводить випробування.

Приєднання випробувальної установки до мережі напругою 380/220 В виконують через комутаційний апарат з видимим розривом кола або через штепсельну вилку, що розташована на місці керування установкою.

Приєднувати з'єднувальні проводи випробувальної установки до полюса вимикача й від'єднувати його дозволяється тільки за вказівкою особи, що керує випробуванням і тільки після заземлення полюса.

Перед подачею випробувальної напруги на полюс вимикача виконавець робіт зобов'язаний:

1) перевірити, чи всі члени бригади перебувають на зазначених їм місцях, чи можна подавати випробувальну напругу на вимикач;

2) попередити бригаду про подачу напруги й, переконавшись, що попередження почуте всіма членами бригади, зняти заземлення з виводу випробувальної установки, після чого подати на неї напруга 380/220 В.

З моменту зняття заземлення вся випробувальна установка, включаючи вимикач і з'єднувальні проводи, вважається під напругою й виконувати які-небудь через'єднання у випробувальній схемі забороняється.

Після закінчення випробування виконавець робіт повинен знизити напругу випробувальної установки до нуля, відключити її від мережі 380/220 В, заземлити (або дати розпорядження про заземлення) виводів установки й сповістити про це бригаду. Тільки після цього можна через'єднувати проводи у випробувальній схемі, а у випадку повного закінчення випробувань, від'єднувати їх і знімати огороження.

На робочому місці оператора має бути передбачена роздільна світлова сигналізація про включення напруги до й вище 1000 В.

5.8 ВИДИ Й ПЕРІОДИЧНІСТЬ ВИПРОБУВАНЬ

Випробування високовольтних вимикачів при капітальному (К) і поточному (П) ремонтах, а також міжремонтні випробування (М) проводять у строки, установлені прийнятою на підприємстві системою ППР, але К - не рідше одного разу у вісім років.

При проведенні випробувань високовольтних вимикачів виконують операції, наведені в таблиці 5.7.

5.9 ЗАСОБИ ВИМІРЮВАНЬ ТА ВИПРОБУВАНЬ

При випробуваннях високовольтних вимикачів застосовують засоби вимірювань і випробувальне устаткування, зазначене в таблиці 5.8.

Засоби вимірювання, що використовують при випробуваннях, повинні бути в справному стані, перевірені в органах Держстандарту й мати відповідну відмітку про перевірку відповідно ДСТ 8.513.

Таблиця 5.7 – Програма випробувань вимикачів

Номер пункту програми випробувань	Номер пункту ПТЕ	Найменування випробування	Вид випробувань
1	2	3	4
5.1	11.1	Вимір опору ізоляції: 1) рухомих і направляючих частин, виконаних з органічних матеріалів; 2) вторинних кіл, у тому числі вмикаючої і вимикаючої котушок приводу	К К, М
5.2	11.3	Випробування підвищеною напругою промислової частоти: 1) ізоляції вимикачів; 2) ізоляції вторинних кіл і обмоток вмикаючої і вимикаючої котушок	К
5.3	11.4	Вимір опору постійному струму: 1) контактів вимикачів; 2) обмоток вмикаючої і вимикаючої котушок	К, П, М
5.4	11.5	Перевірка часу руху рухомих частин вимикача.	К, Т
5.5	11.6	Вимір ходу рухомої частини вимикача, ходу контактів при вмиканні, контроль одночасності замикання й розмикання контактів	К, М
5.6	11.7	Перевірка дії механізму вільного розчіплювання.	К, М
5.7	11.8	Перевірка спрацьовування приводу при зниженій напрузі	К
5.8	11.9	Випробування вимикача багаторазовими увімкненням й вимиканням	К

Таблиця 5.8 – Засоби вимірювань і випробувальне устаткування

Найменування	Тип	Метрологічні характеристики	Призначення
1. Мегаомметр	М 4100/5	2500 В кл.т. 1,5	Вимірювання опору ізоляції рухомих і направляючих частин вимикача. Випробування підвищеною напругою ізоляції вторинних кіл.
2. Мегаомметр	М 4100/4	1000 В кл.т. 1,5	Вимірювання опору ізоляції вторинних кіл.
3. Апарат для випробування ізоляції	АИИ-70		Випробування підвищеною напругою ізоляції вимикачів.
4. Мікроомметр	М-246	100 - 1000 мкОм 10 - 100мОм 100м кл.т. 3,5	Вимір опору контактів постійному струму.
5. Міст одинарний	Р-333	Межі виміру: 1-10 ⁶ Ом, кл.т. 0,5-5,0	Вимір опору постійному струму вмикаючої і вимикаючої котушок.
6. Секундомір електричний	ПВ-53Л	220 В Ціна розподілу 0,01 с	Перевірка часу руху рухомих частин.
7. Лінійка металева		0-500 мм	Вимір характеристик ходу рухомих частин.
8. Лампи сигнальні			Вимір ходу рухомих контактів, контроль одночасності замикання.
9. Амперметр	Э-59/3	5;10 А кл. т. 0,5	Перевірка спрацьовування привода при зниженій напрузі.
10. Амперметр	М 109	10 А; кл. т. 0,5	Те ж
11. Вольтметр	Э-59/1	75, 150, 300, 600 В кл. т. 0,5	Те ж
12. Вольтметр	М 109	25, 150, 300 600 В кл. т. 0,5	Те ж
13. Реостат	РСП	50-100 Ом	Те ж
14. Автотрансформатор	ЛАТР-2	0-250 В	Те ж

Випробувальне устаткування, що використовують при випробуваннях, повинне бути справним і мати відповідну технічну документацію, а також документи, що підтверджують проведення первинної або періодичної атестації відповідно до ДСТ 24555.

Можна застосовувати і інші засоби вимірювання і випробувальне устаткування, що не поступається по метрологічних характеристиках засобам і устаткуванню, наведеним у таблиці 5.8.

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Який параметр високовольтного вимикача називають «номінальним струмом відключення».
2. Які заходи необхідно провести для попередження помилкової подачі напруги на вимикач, що перевіряють?
3. Назвіть основні параметри, що характеризують стан високовольтного вимикача.
4. Назвіть основні заходи по підготовці високовольтного вимикача до випробувань.

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 6 МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ВИПРОБУВАНЬ МАСЛЯНИХ ВИМИКАЧІВ

6.1 ВИМІРЮВАННЯ ОПОРУ ІЗОЛЯЦІЇ

а) опір ізоляції рухомих і направляючих частин.

Безпосередньо перед вимірюванням проводять зовнішній огляд вимикача, очищення зовнішньої поверхні ізоляції від пилу й бруду.

При огляді перевіряють:

- відповідність вимикача паспортним даним;
- справність ізоляторів ошиновки. Порцелянові ізолятори не повинні мати тріщин, відколів, порушень армировки. Відколи площею не більше 1 см² покривають двома шарами бакелітового лаку. Аналогічно усувають подряпини глибиною до 0,5 мм і довжиною не більше 25 мм. Порушення глазурі не повинне перевищувати 2 см². При виявленні на ізоляторах тріщин або порушення цілісності армировки їх замінюють;
- стан дугогасних камер. Камери, що мають тріщини, відколи пластин і керамічних плит підлягають заміні. Не допускається також наявність зазору між козирками й торцями керамічних пластин.
- наявність і цілісність кріпильних елементів привода, ізоляційних тяг, контактів, магнітопроводів, струмопроводів і механізмів переміщення. Всі елементи кріплення, що мають ушкодження, замінюють.

Вимірювання опору ізоляції рухомих і направляючих частин проводять за допомогою мегаомметра на номінальну напругу 2500 В. Опір ізоляції для

вимикачів з номінальною напругою 3-10 кВ повинен бути не менш 300 Мом.

При використанні мегаомметра типу М-4100/5 підготовку його до роботи й вимірювання опору ізоляції виконують у наступній послідовності:

- * встановлюють мегаомметр на тверду підставу горизонтально, приєднують до його затискачів «Л» і «З» роздільні гнучкі проводи з опором ізоляції не менш 100 МОм;

- * перевіряють працездатність мегаомметра (при замкнутих накоротко проводах і обертанні рукоятки із частотою 120 об/хв стрілка повинна перебувати на нульовій відмітці шкали, при розімкнутих проводах – на відмітці ∞).

Вимірювання опору ізоляції вимикачів проводять одночасно для трьох полюсів щодо заземленої конструкції при замкнутих накоротко виводах кожного полюса й відключеному вимикачі. Для цього:

- * приєднують провід від затискача «Л» мегаомметра до одного із замкнутих накоротко виводів полюса вимикача, а провід від затискача «З» – до заземленої конструкції;

- * обертаючи рукоятку мегаомметра із частотою 120 об/хв, через 60 с фіксують величину опору ізоляції. Відлік часу починають із моменту досягнення зазначеної частоти обертання (при цьому стрілка приладу займає стає положення).

Вимірювання опору ізоляції ввідів електромагнітних вимикачів проводять при встановлених захисних кожухах і включеному положенні вимикача. Виміру підлягає ізоляція між сусідніми полюсами й між фазами й заземленими частинами. При необхідності проводять вимірювання опору ізоляції за схемою: нерухомі контакти – заземлені частини; рухомі контакти – заземлені частини; рухомі контакти – нерухомі контакти.

Вимірювання проводять у наступній послідовності:

- * включають вимикач. Вимірюють сумарний опір ввідів, рухомих і направляючих частин вимикача;

- * відключають вимикач і вимірюють опір ізоляції;

- * визначають опір ізоляції рухомих і направляючих частин за результатами двох вимірів за формулою

$$R_{\text{вимк}} = \frac{R_{\text{увімк}} + R_{\text{вимк}}}{R_{\text{вимк}} + R_{\text{увімк}}},$$

де $R_{\text{увімк}}$ і $R_{\text{вимк}}$ – опір ізоляції, вимірюваний при увімкненому й вимкненому положенні вимикача;

б) вимірювання опору ізоляції вторинних кіл, у тому числі вмикаючих й вимикаючих котушок.

Опір ізоляції вторинних кіл вмикаючих і вимикаючих котушок вимірюють за допомогою мегаомметрів з номінальною напругою 1000 В. Виміряний через 60 с після початку вимірів опір повинен бути не менш 2 МОм.

Вимірювання проводять у наступній послідовності:

- * складають і збирають робочу схему, що забезпечує можливість вимірювання опору ізоляції вторинних кіл вимикача, у тому числі вмикаючих і вимикаючих котушок. Конденсатори, напівпровідникові прилади й т. п. відключають або закорочують;

- * вимірюють опір ізоляції зібраної схеми щодо заземленого корпусу ;

Якщо опір зменшився більш ніж на 40% у порівнянні з попередніми випробуваннями, то обмотки котушок замінюють.

При вимірах варто враховувати температуру навколишнього середовища, маючи на увазі, що при зростанні температури на 1⁰С результати вимірів змінюються на 0,4%.

6.2 ВИПРОБУВАННЯ ІЗОЛЯЦІЇ ПІДВИЩЕНОЮ НАПРУГОЮ ПРОМИСЛОВОЇ ЧАСТОТИ

а) випробування підвищеною напругою промислової частоти ізоляції вимикачів.

Величина випробувальної напруги промислової частоти: для вимикачів на 3 кВ – 22 кВ; для вимикачів на 6 кВ – 29 кВ; для вимикачів на 10 кВ – 38 кВ. Тривалість випробування – 1 хв.

Випробувальну напругу прикладають:

- 1) між струмоведучими частинами вимикача й заземленою конструкцією при увімкненому й вимкненому положеннях вимикача;

- 2) між струмоведучими частинами сусідніх полюсів в увімкненому й вимкненому положеннях вимикача;

- 3) між розімкнутими контактами всіх трьох полюсів вимикача (випробування ізоляції контактного розриву).

Випробування ізоляції за допомогою апарата АИИ-70 проводять у наступній послідовності:

- 1) підготовляють апарат до роботи, при цьому:

зовнішнім оглядом перевіряють відсутність ушкоджень апарата й рівень трансформаторного масла в корпусі високовольтного трансформатора (він повинен бути на 15-20 мм нижче зовнішньої площини його кришки). При необхідності доливають масло пробивна напруга якого не менш 45 кВ;

- * заливну пробку для трансформаторного масла у високовольтному трансформаторі відвертають на 2-3 оберту, щоб дати можливість маслу вільно змінюватися в об'ємі;

- * перевіряють справність заземлюючого розрядника й відсутність у нього зовнішніх ушкоджень, очищають і обтирають його від пилу,

- * перевіряють по штампі, чи не минув строк періодичного випробування. Використовувати заземлюючий розрядник, строк випробування якого минув, **ЗАБОРОНЯЄТЬСЯ**;

- * заземлюють апарат і заземлюючий розрядник мідним проводом перерізом не менш 4 мм². Робота без заземлення **НЕ ДОПУСКАЄТЬСЯ**;

* переконуються у тім, що автоматичний вимикач апарата перебуває у вимкненому положенні, а рукоятка регулятора напруги – у нульовому положенні (повернена проти напрямку руху годинної стрілки до упору).

2) перевіряють роботу сигналізації й блокування. Для цього:

- вставляють колодку шнура живлення, що входить у комплект апарата, у штепсельну вилку апарата, а штепсельну вилку шнура живлення - у розетку мережі 220 В. При закритих дверцятах на лицьовій панелі пульта керування повинна світити зелена сигнальна лампа;

- включають автоматичний вимикач апарата. Повинна засвітитися червона сигнальна лампа;

- відкривають дверцята. При цьому обидві лампи повинні згаснути. При несправних сигналізації й блокуванні використання апарата **ЗАБОРОНЯЄТЬСЯ**;

- відключають автоматичний вимикач і шнур живлення від живильної мережі;

3) збирають схему випробування струмоведучих частин вимикача щодо заземленої конструкції (при відключеному вимикачі замикають накоротко виводи кожного полюса, три однойменних виводи полюсів з'єднують між собою й до них приєднують провід від високовольтного трансформатора);

4) установлюють рукоятку вимикача випробувального апарата «ЗАХИСТ» у положення «ЧУТЛИВА»;

5) закривають дверцята на лицьовій панелі пульта керування, вставляють штепсельну вилку шнура живлення в розетку мережі 220 В (повинна засвітитися зелена лампа), включають автоматичний вимикач (повинна засвітитися червона лампа);

6) повільно й плавно обертають рукоятку регулятора напруги по напрямку руху годинної стрілки й, спостерігаючи за показаннями килівольтметра, установлюють необхідну величину випробувальної напруги ;

7) у процесі підйому напруги й протягом необхідної тривалості випробування (1 хв) контролюють показання килівольтметра, можливе виділення газу, появу диму, ковзаючих розрядів по поверхні. Ізоляція вважається витримавшею випробування підвищеною напругою в тому випадку, якщо при прикладанні випробувальної напруги не було пробою, часткових розрядів, виділень газу або диму, різкого зниження напруги, місцевого нагрівання ізоляції;

8) по закінченні випробування випробувальну напругу плавно знижують до нуля обертанням рукоятки регулятора напруги проти напрямку руху годинної стрілки до нульового положення (до упору);

9) переконавшись у відсутності залишкового ємнісного заряду (стрілка килівольтметра повинна перебувати на нульовій оцінці шкали), відключають автоматичний вимикач і від'єднують шнур живлення апарата від мережі 220 В;

10) збирають схему випробування ізоляції контактного розриву. Для цього між собою з'єднують виводи нерухомих контактів трьох полюсів і виводи рухомих контактів. Одну із груп контактів приєднують до високовольтного

виводу джерела, іншу – до заземленої конструкції. Випробування ізоляції проводять у зазначеній вище послідовності.

б) випробування підвищеною напругою ізоляції вторинних кіл і обмоток вмикаючих і вимикаючих котушок.

Ізоляцію вторинних кіл і обмоток вмикаючих і вимикаючих котушок випробовують напругою 1 кВ на протязі 1 хв.

Випробування ізоляції напругою 1 кВ промислової частоти може бути замінено випробуванням постійною напругою за допомогою мегаомметрів з номінальною напругою 2500 В. При проведенні випробування мегаомметром на 2500 В вимірювання опору ізоляції вторинних кіл мегаомметром з номінальною напругою 1000 В можна не проводити.

Перед вимірюванням збирають схему випробувань, що забезпечує можливість випробування ізоляції всіх елементів вторинних кіл. При цьому наявні в схемі вторинних кіл напівпровідникові прилади, конденсатори й інші пристрої з ослабленою ізоляцією від'єднують або закорочують, щоб уникнути їх ушкодження.

Опір ізоляції вторинних кіл і обмоток після випробувань повинен бути не менш 1 МОм.

6.3 ВИМІРЮВАННЯ ОПОРУ СТРУМОВЕДУЧОГО КОНТУРУ ПОСТІЙНОМУ СТРУМУ

а) вимірювання опору постійному струму контактів вимикачів.

Перед початком вимірювання проводять огляд, очищення й контроль зносу контактів. Вимірювання опору проводять для кожного полюса вимикача окремо.

Якщо вимикач має крім робочих ще й дугогасні контакти, то вимірювання проводять для всього струмоведучого контуру й окремо для дугогасних контактів. Для цього між робочими контактами прокладають ізоляційні прокладки.

Вимірювання опору проводять пропуском по струмоведучому контуру струму певної величини й виміром падіння напруги на ньому. До початку вимірювання кілька разів проводять операцію включення й відключення вимикача для самоочищення контактуючих поверхонь.

У зв'язку з тим, що опір струмоведучого контуру вимикача не перевищує 100 мкОм, його вимірюють або за допомогою подвійних мостів типу МД-6,

Р-316 і мікроомметрів типу М-246, або по методу амперметра-вольтметра.

При вимірюваннях вимикач переводять в увімкнений стан і одним із зазначених методів вимірюють опір кожної контактної системи полюсів. Опір контактів повинен відповідати заводським даним, не перевищуючи максимально допустимих значень для даного типу вимикача.

Якщо опір контактів зріс проти норми в 1,5 рази, то контакти підлягають відновленню.

Якщо опір струмоведучого контуру перевищує величину, зазначену в

таблиці, то необхідно з'ясувати причину підвищення опору. Із цією метою перевіряють струмоведучий контур поелементно.

б) вимірювання опору постійному струму обмоток вмикаючої і вимикаючої котушок.

Вимірювання проводять за допомогою мосту постійного струму Р-333. При збиранні схеми вимірювання хоча б один з виводів обмотки котушки від'єднують від схеми вторинних кіл.

Опір постійному струму обмоток порівнюють із даними, наданими заводом-виготівником. Для різних котушок величина опору має перебувати в межах 0,04 - 1,04 Ом.

Для зменшення похибки за рахунок впливу температури вимірювану величину опору обмотки приводять до температури 20° С за формулою

$$R_2 = R_1 \cdot \frac{235 + 20^0}{235 + \vartheta_1},$$

де R_2 – опір, приведений до $\vartheta = 20^0$ С;

R_1 – опір, виміряний при температурі ϑ_1 .

6.4 ПЕРЕВІРКА ЧАСУ РУХУ РУХОМИХ ЧАСТИН ВИМИКАЧА

Безпосередньо перед перевіркою складають робочі схеми перевірки часу руху, керуючись схемою вторинних кіл вимикача, що підлягає випробуванню.

Перевірку часу руху рухомих частин вимикача при увімкненні виконують у такій послідовності:

- 1) збирають робочу схему;
- 2) включенням вимикача подають команду на увімкнення як вимикача, так й на запуск електросекундоміра;
- 3) фіксують показання електросекундоміру (час руху рухомих частин при увімкненні).

Перевірку часу руху рухомих частин вимикача при вимиканні виконують в аналогічній послідовності.

Величина проміжку часу від подачі команди на увімкнення (вимикання) до моменту замикання (розмикання) контактів вимикача не повинне відрізнятися від паспортних даних більш ніж на $\pm 10\%$.

6.5 ВИМІР ХОДУ РУХОМОЇ ЧАСТИНИ ВИМИКАЧІВ

Вимір ходу рухомої частини контактів маломасляних вимикачів виконують у такій послідовності:

1) включають вимикач. На рухомому струмоведучому стрижні (вимикачі з виходячим з полюса струмоведучим стрижнем ВПМ-10 і ін.) або на контрольному стрижні (вимикачі типу ВМП-10 з рухом контакту усередині полюса) наносять мітку А;

2) вимикають вимикач. За допомогою металевої лінійки вимірюють відстань від торця прохідного ізолятора (ВПМ-10 і їм подібних) або від торця корпусу (вимикача типу ВМП-10) до мітки А. Ця відстань і відповідає загальному ходу рухомого контакту вимикача.

В електромагнітних вимикачів хід рухомої частини вимірюють відстанню між робочими контактами (ламелями) нерухомого й скобою рухомого контактів. Вимір проводять металевою лінійкою. Для вимикачів типу ВЭМ-10Е ця відстань повинна бути не менш 120 мм. Відстань між головними контактами в момент розмикання дугогасних контактів повинна бути порядку 10 - 12 мм.

Вимір ходу у контактах (вжим) визначають у такій послідовності:

1) контакти вимикача вмикають у схему живлення контрольної лампи;

2) вручну повільно включають вимикач. У момент загоряння лампи на стрижні наносять першу позначку;

3) доводять вимикач до положення “ВКЛЮЧЕНО” і наносять другу позначку;

4) за допомогою металевої лінійки вимірюють відстань між двома позначками. Ця відстань і відповідає вжиму контактів, що порівнюють із паспортними даними вимикача.

Аналогічні вимірювання проводять для всіх трьох полюсів вимикача.

В електромагнітних вимикачах типу ВЕМ-10Е робочий хід пальця головного нерухомого контакту становить 4 - 5 мм.

Вимір одночасності замикання контактів проводять у наступній послідовності:

1) контакти вимикача у всіх трьох полюсах вмикають у кола живлення трьох контрольних ламп;

2) вручну повільно вмикають вимикач і в момент загоряння будь-якої першої лампи роблять позначку на стрижні;

3) продовжують вмикання й у момент загоряння останньої (третьої) лампи наносять на стрижень другу позначку;

4) за допомогою металевої лінійки вимірюють відстань між отриманими позначками. Ця відстань відповідає одночасності замикання й розмикання контактів вимикача, що не повинна перевищувати відстань, нормовану заводом-виготовником.

В електромагнітних вимикачах типу ВЕМ-10 одночасність торкання дугогасних контактів не повинна перевищувати двох міліметрів.

6.6 ПЕРЕВІРКА ДІЇ МЕХАНІЗМУ ВІЛЬНОГО РОЗЧІПЛЮВАННЯ

Перевірку дії механізму вільного розчіплювання виконують при таких положеннях привода:

1) при положенні, що відповідає увімкненому положенню вимикача. Команду на вимикання вимикача при цій перевірці подають через блоки-контакти в колі вимикаючої котушки.

2) у двох-трьох проміжних положеннях привода;

3) на границі зони дії механізму вільного розчіплювання.

При перевірці дії механізму вільного розчіплювання в проміжному положенні привода й на границі зони вільного розчіплювання вимикач необхідно вмикати повільно вручну (важелем або домкратом).

6.7 ПЕРЕВІРКА СПРАЦЬОВУВАННЯ СХЕМИ КЕРУВАННЯ ВИМИКАЧЕМ

Перевірку мінімальної напруги спрацьовування котушки вимикання проводять у такій послідовності:

1) від'єднують вимикач від привода й збирають схему перевірки напруги спрацьовування залежно від роду оперативного струму;

2) плавно змінюючи прикладену напругу за допомогою потенціометра (автотрансформатора), визначають мінімальну напругу спрацьовування електромагніта вимикання – найменшу напругу дії привода незалежно від часу його спрацювання. Щоб уникнути недопустимого нагрівання котушки перевірку варто проводити швидко.

3) подаючи поштовхом цю напругу на котушку вимикання (не менш 5 разів), переконуються в чіткому спрацьовуванні привода.

Мінімальна напруга спрацьовування котушки вимикання повинна бути не менш 35% від номінальної. Напруга надійної роботи повинна бути не більше 65% від номінальної величини.

Перевірку напруги надійної роботи електромагнітів увімкнення і контактора вимикача (для електромагнітного привода) проводять аналогічно. Ця напруга повинна бути не більше 80 % від номінальної величини оперативної напруги.

6.8 ВИПРОБУВАННЯ ВИМИКАЧА БАГАТОРАЗОВИМИ УВІМКНЕННЯМ Й ВИМИКАННЯМ

Увімкнення й вимикання вимикача при багаторазовому випробуванні проводять при напрузі в момент увімкнення на затискачах котушки привода рівним 110, 100, 90, і 80 % номінальної величини. Число операцій для кожного режиму випробування становить від 3 до 5.

При проведенні випробування не повинно спостерігатися послаблення елементів кріплення. Вимикач повинен легко й без затримок з будь-якого проміжного положення переходити в положення «ВИМКНЕНО».

Форму протоколу випробувань наведено нижче.

ПРОТОКОЛ № _____

“ _____ ” _____ 201_ р.

випробування вимикача _____ кВ

сила струму _____ А, тип _____ зав. № _____ привод типу _____

розп.пристрою _____, встановленого в комірці № _____ кВ на підстанції _____

(підприємство, адреса)

1. Вимір опору ізоляції рухомих частин (РЧ).

Вимір проводився мегаомметром напругою _____ В

типу _____ зав. № _____

Результати вимірів

Фаза	Вимкнене полож., МОм	Увімкнене полож., МОм	Опір. рух. частин, МОм	Висновок
Ж				
З				
К				

2. Вимір омичного опору контактів.

Вимір проводився приладом типу _____ зав. № _____

Результати вимірів

Фази	Опір контактів, Ом	Висновок
Ж		
З		
К		

Щуп товщиною _____ мм і шириною _____ мм входить між контактами на глибину _____ мм.

Різночасність замикання й розмикання контактів у межах однієї фази становить _____ %.

3. Вимірювання власного часу увімкнення й вимкнення:

А) Час увімкнення _____ с.

Б) Час вимкнення _____ с.

4. Перевірка спрацьовування привода при зниженій напрузі.

Мінімальна напруга спрацьовування:

1) Електромагнітів _____ % від $U_{\text{ном}}$;

2) Контактів увімкнення _____ % від $U_{\text{ном}}$.

Вимірювальні прилади: тип _____ зав. № _____

5. Для перевірки роботи дистанційного керування приводом проведено _____ увімкнень при напрузі оперативного струму $1,15U_{\text{ном}}$ _____ увімкнень при $0,9U_{\text{ном}}$ і _____ вимикань при $0,8U_{\text{ном}}$.

Висновок

Випробування проводили	_____	(_____)
	_____	(_____)
Перевірів	_____	(_____)

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Назвіть операції, що входять в програму випробування високовольтного вимикача.
2. Перерахуйте засоби вимірювань та випробувань, що використовують при профілактичних випробуваннях в/в вимикачів.
3. Перерахуйте заходи по підготовці мегомметра М-41000/5 до проведення вимірювань.
4. В чому полягає особливість контролю стану ізоляції електромагнітних вимикачів?
5. В чому полягає процес вимірювання опору контактів вимикача постійному струму.
6. З якою метою проводять вимірювання часу руху рухомих частин вимикача?
7. З якою метою проводять вимірювання величини ходу рухомої частини МВ?
8. З якою метою і яким чином перевіряють механізм вільного розчеплення?
9. Приведіть порядок перевірки привода при зниженій напрузі.
10. Приведіть умови випробування вимикача багатократним увімкнення і вимиканням.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Автоматика электрических станций и электроэнергетических систем: Учебник для вузов/ Под ред. А. Ф. Дьякова. – Москва : Изд-во НЦ ЭНАС, 2000. – 504 с.
2. Про затвердження Правил технічної експлуатації електроустановок споживачів. Наказ Міністерства палива та енергетики від 25.07.2006 № 258 (Із змінами, внесеними згідно з Наказами Міністерства енергетики та вугільної промисловості № 91 від 13.02.2012, № 905 від 16.11.2012, № 273 від 16.05.2013).
3. Правила улаштування електроустановок. – Видання третє, перероблене, і доповнене, 2010. – 736 с.
4. Крючков И. П., Кувшинский Н. Н. Электрическая часть электростанций и подстанций. – Москва : Энергия, 1978. – 455 с.
5. Неклепаев Б. Н. Электрическая часть станций и подстанций. – Москва : «Энергия», 1980. – 470 с.
6. Околович М. Н. Заземление нейтралей в электрических сетях. – Изд-во МЭИ, 1977. – 25 с.
7. Буряк В. М. Вибір електричних апаратів захисту в мережах до 1000 В. Навчально-методичний посібник до практичних занять та самостійної роботи. / Буряк В. М., Дейнеко Н. А. – Харків, 2007. – 62 с.
8. Буряк В. М., Дейнеко Н. А. Електрообладнання тягових підстанцій. Навчально-методичний посібник. Харків, ХНАМГ, 2005 р. – 76 с.
9. Чунихин А. А. Электрические аппараты. Учебное пособие. – Москва : Энергоатомиздат, 1989 г. – 397 с.
10. Буряк В. М. Визначення струмів короткого замикання в електричних мережах. / Буряк В. М., Дейнеко Н. А. – Харків, 2003 р. – 88 с.
11. Дейнеко Н. А. Електричні установки, апарати, вторинні кола й електричні проводки напругою до 1000 В. Методичний посібник. – Харків, ХНАМГ, 2004 р. – 128 с.
12. Буряк В. М. Контроль технічного стану електрообладнання трансформаторних підстанцій. Навчально-методичний посібник до практичних та лабораторних робіт з дисципліни «Експлуатація електрообладнання тягових підстанцій». / Буряк В. М., Дейнеко Н. А. – ХНАМГ, 2005. – 156 с.

Навчальне видання

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до практичних занять
з курсу

ЕЛЕКТРИЧНІ АПАРАТИ

*(для студентів 3,4 курсів денної і заочної форм навчання
за напрямом підготовки 6.050701 – Електротехніка та електротехнології,
а також для слухачів другої вищої освіти
за спеціальністю «Електротехнічні системи електроспоживання»)*

Укладачі: **ШВЕЦЬ** Сергій Вікторович,
РУМ'ЯНЦЕВ Дмитро Валерійович

Відповідальний за випуск: *І. Т. Карпалюк*

За авторською редакцією

Комп'ютерне верстання *І. В. Волосожарова*

План 2016, поз. 229М

Підп. до друку 11.05.2016
Друк на ризографі
Тираж 50 пр.

Формат 60х84/16
Ум. друк арк. 4,1
Зам. №

Видавець і виготовлювач:
Харківський національний університет
міського господарства імені О. М. Бекетова,
вул. Революції, 12, Харків, 61002
Електронна адреса: rectorat@kname.edu.ua
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:
ДК № 4705 від 28.03.2014р.